

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**CARACTERISTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL  
CONCRETO UTILIZANDO CEMENTO QUISQUEYA**

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**PAVEL CHUQUIVILCA LÓPEZ**

**LIMA – PERU**

**2008**

*Dedicatoria: "A mis padres Vidal y Emilia que me apoyaron en todo momento. A Carmen, Nadia, Raúl, Oscar, Daniel y Emily, por ser fuentes de inspiración. A mi alma mater UNI."*

*Agradecimiento: “Muy especial a mi asesora Ing. Ana Torre Carrillo, por sus enseñanzas, consejos y apoyo en elaborar la presente tesis; y al personal del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.*

## ÍNDICE

RESÚMEN.....	08
LISTA DE CUADROS Y TABLAS.....	09
LISTA DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	14
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	19
INTRODUCCIÓN.....	21
CAPITULO 1:	
GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO	
QUISQUEYA.....	22
1.1 CEMEX DOMINICANA. ....	22
1.1.1. Ubicación.....	23
1.1.2. Materias primas empleadas.....	23
1.1.3. Proceso de fabricación.....	24
1.1.4. Tipos de cemento que fabrican.....	25
1.2. CEMENTOS PORTLAND.....	26
1.2.1. Definición.....	26
1.2.2. Clasificación.....	27
1.2.3. Cementos en el Perú.....	29
1.2.4. Capacidad Instalada de la empresas cementeras.....	30
1.2.5. Normalización del cemento.....	30
CAPITULO 2:	
PROPIEDADES DEL CEMENTO QUISQUEYA.....	31
2.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	31
2.1.1. Finura o fineza.....	31
2.1.2. Peso Específico.....	31
2.1.3. Tiempo de Fraguado.....	31
2.1.4. Estabilidad de Volumen.....	32
2.1.5. Resistencia a la Compresión.....	32
2.1.6. Contenido de aire.....	32
2.1.7. Calor de Hidratación.....	32

2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	32
2.2.1. Componentes Químicos.....	32
2.2.2. Compuestos Químicos.....	33
2.2.3. Propiedades de los compuestos principales.....	33
2.3. REQUISITOS TÉCNICOS DE LOS CEMENTOS.....	35
CAPITULO 3	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A USAR EN EL CONCRETO.....	37
3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	37
3.1.1. Generalidades.....	37
3.1.2. Tipo y procedencia de los materiales.....	37
3.1.3. Agregado Fino.....	37
a. Granulometría.....	37
b. Módulo de Fineza.....	41
c. Peso Unitario Suelto (PUS).....	41
d. Peso Unitario Compactado (PUC).....	42
e. Peso específico y Porcentaje de Absorción.....	43
f. Contenido de humedad.....	45
3.1.4. Agregado Grueso.....	45
a. Granulometría.....	45
b. Módulo de Fineza.....	49
c. Peso Unitario Suelto (PUS).....	49
d. Peso Unitario Compactado (PUC).....	50
e. Peso específico y Porcentaje de Absorción.....	51
f. Contenido de humedad.....	52
g. Tamaño máximo.....	53
h. Tamaño nominal máximo.....	53
3.1.5. Agregado Global.....	54
a. Granulometría.....	54
b. Husos Granulométricos.....	55
c. Módulo de Fineza.....	60
3.1.6. Resumen de las propiedades físicas de los agregados.....	61
3.2. AGUA DE MEZCLADO Y CURADO.....	61

3.2.1. Características del agua empleada.....	64
3.3. ADITIVO PARA EL CONCRETO.....	65
3.3.1. Clasificación de aditivos.....	65
3.3.2. Normalización de los aditivos.....	65
3.3.3. Mecanismo de acción.....	65
3.3.4. Características del aditivo a usar en la fabricación de concreto.....	68
CAPITULO 4	
PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	70
4.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO.....	70
4.2. REQUISITOS DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO.....	71
4.3. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	71
4.4. CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO.....	72
4.5. DISEÑO DE MEZCLAS.....	73
4.5.1. Diagrama de flujo del diseño de mezclas.....	74
4.5.2. Secuencia de diseño de mezclas.....	75
i.-Diseño de Mezcla usando Cemento QUISQUEYA.....	75
ii. Diseño de Mezcla usando Cemento SOL.....	81
iii. Diseño de Mezcla usando Cemento QUISQUEYA con ADITIVO.....	82
4.5.3. Tablas empleadas.....	86
4.6. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.....	88
a. La Trabajabilidad.....	88
b. La Consistencia.....	91
c. Homogeneidad y uniformidad.....	91
d. Compacidad.....	92
e. Peso Unitario y Rendimiento.....	95
f. Porcentaje de aire atrapado.....	97
g. Exudación.....	100
h. Tiempo de fraguado.....	120
i. Temperatura del concreto.....	142
j. Ph del concreto.....	146
4.7. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	148

---

a. Impermeabilidad.....	148
b. Durabilidad.....	149
c. Resistencia a la compresión.....	149
d. Resistencia a la flexión.....	167
4.8 ANALISIS DE RESULTADOS .....	181
CONCLUSIONES.....	187
RECOMENDACIONES.....	190
BIBLIOGRAFÍA.....	192
ANEXOS.....	195

## RESUMEN

El presente documento, muestra los resultados de una investigación sobre la calidad del concreto en su estado fresco y endurecido usando el cemento Pórtland tipo I de la marca Quisqueya, que es un cemento producido por Cemex Dominicana (perteneciente al grupo Cemex de México), este cemento es similar al cemento Titán que se vende internamente en República Dominicana, ambos poseen las mismas características técnicas, siguen el mismo proceso productivo y sirven para los mismos usos. También se estudió el comportamiento al adicionarse el aditivo Chema Rentrampplast que es un plastificante y retardante de fragua. Los factores de estudio en la presente tesis fueron la relación agua /cemento, tipo de cemento. También se usará el cemento Sol Tipo I como referente o para comparar los resultados obtenidos con el cemento materia de estudio.

Se emplearon tres relaciones a/c: 0.45, 0.55 y 0.60, se usaron los dos tipos de cemento y el % de aditivo fue de 0.35% del peso de cemento de diseño y se produjeron 9 diseños de mezcla distintas. El concreto se diseñó con una trabajabilidad media (slump de 3" a 4"), para cada diseño se evaluó el asentamiento, la consistencia, compactación, contenido de aire, peso unitario, rendimiento, exudación, tiempo de fragua, temperatura interna, ph, resistencia a la compresión y módulo de rotura.

El estudio muestra que el efecto de los aditivos debe evaluarse desde el total cumplimiento de las especificaciones técnicas referidas a los incrementos porcentuales en la resistencia desarrollada y a los tiempos de fragua especificados.

Con respecto al cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos tipo D referente a la Resistencia a la compresión, flexión y tiempo de fragua cumple para todos los diseños de concreto.

Se muestran diferencias en los resultados dependiendo del tipo de cemento usado, explicándose esto por la diferente composición química de estos cementos y la capacidad de generación de calor de hidratación. Ya que para relaciones a/c=0.45 los concretos preparados con cemento Quisqueya tipo I tienen un  $f'c$  mayor que los preparados con cemento Sol tipo I; para a/c=0.55, los resultados son similares y para a/c= 0.60 el  $f'c$  de los concretos usando cemento Sol tipo I es mayor que el de cemento Quisqueya tipo I.



## LISTA DE CUADROS Y TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PÁG</b>
Tabla 1.1.....	30
Capacidad instalada de las empresas cementeras en el Perú.	
Tabla 2.1.....	33
Componentes Químicos del Cementos Pórtland de producción nacional.	
Tabla 2.2.....	33
Compuestos Químicos del Cementos Pórtland de producción nacional.	
Tabla 3.1.....	38
Requisitos de Granulometría para agregados finos.	
Tabla 3.2.....	46
Requisitos de Granulometría para agregados gruesos.	
Tabla 3.3.....	64
Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla	
Tabla 3.4.....	64
Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada	
Tabla 3.5.....	67
Requisitos físicos de los aditivos Tipo D	
Tabla 4.1.....	86
Contenido de aire atrapado.	
Tabla 4.2.....	86
Cantidad de agua requerida para el diseño de mezcla.	
Tabla 4.3.....	87
f'c aproximado para cada relación a/c especificada	
Tabla 4.4.....	90
Trabajabilidad y revenimiento de concretos con tamaño máximo de agregado entre ¾" a 1 ½"	
 <b>CUADRO</b>	 <b>PÁG</b>
Cuadro 1.1.....	23
Materias primas empleadas en la fabricación de Cemento.	
Cuadro 1.2.....	25
Tipos de cemento que fabrican en CEMEX Dominicana	
Cuadro 2.1.....	35
Requisitos físicos de los cementos usados.	

Cuadro 2.2.....	36
Requisitos químicos de los cementos usados.	
Cuadro 3.1.....	39
Análisis granulométrico del agregado fino	
Cuadro 3.2.....	42
Peso unitario suelto del agregado fino.	
Cuadro 3.3.....	43
Peso unitario compactado del agregado fino.	
Cuadro 3.4.....	44
Peso específico de masa y absorción del agregado fino	
Cuadro 3.5.....	45
Contenido de humedad del agregado fino.	
Cuadro 3.6.....	47
Análisis granulométrico del agregado grueso	
Cuadro 3.7.....	50
Peso unitario suelto del agregado grueso	
Cuadro 3.8.....	51
Peso unitario compactado del agregado grueso.	
Cuadro 3.9.....	52
Peso específico de masa y absorción del agregado grueso	
Cuadro 3.10.....	53
Contenido de humedad del agregado grueso.	
Cuadro 3.11.....	54
% de participación del agregado en el ensayo.	
Cuadro 3.12.....	55
Análisis granulométrico del agregado global.	
Cuadro 3.13.....	56
Husos granulométricos usados.	
Cuadro 3.14.....	61
Resumen de la propiedades físicas de los agregados	
Cuadro 4.1.....	76
Características de los materiales para el diseño de mezcla	
Cuadro 4.2.....	77
Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire para el diseño de mezcla	
Cuadro 4.3.....	78

Pesos secos de los materiales para el diseño de mezcla	
Cuadro 4.4.....	79
Pesos en obra de los materiales para el diseño de mezcla	
Cuadro 4.5.....	79
Pesos para una tanda de 54 kg	
Cuadro 4.6.....	80
Ensayos para la obtención de consistencia plástica usando Cemento Quisqueya.	
Cuadro 4.7.....	81
Diseños de mezcla usando Cemento Quisqueya para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.	
Cuadro 4.8.....	82
Diseños de mezcla usando Cemento SOL para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.	
Cuadro 4.9.....	
Ensayos para la obtención de consistencia plástica usando Cemento Quisqueya + 0.35% de Aditivo.	83
Cuadro 4.10.....	
Diseños de mezcla usando Cemento QUISQUEYA + 0.35% de aditivo para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.	84
Cuadro 4.11.....	85
Resumen de diseños de mezcla para tandas de 54 kg.	
Cuadro 4.12.....	89
Aseñamiento para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.	
Cuadro 4.13.....	94
Factor de Compacidad para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.	
Cuadro 4.14.....	96
Peso Unitario y Rendimiento para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.	
Cuadro 4.15.....	98
Peso Unitario de diseño para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.	
Cuadro 4.16.....	99

Contenido de aire atrapado para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.	
Cuadro 4.17.....	101
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.45.	
Cuadro 4.18.....	103
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.45.	
Cuadro 4.19.....	105
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.45.	
Cuadro 4.20.....	107
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.55.	
Cuadro 4.21.....	109
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.55.	
Cuadro 4.22.....	111
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.55.	
Cuadro 4.23.....	113
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.60.	
Cuadro 4.24.....	115
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.60.	
Cuadro 4.25.....	117
Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.60.	
Cuadro 4.26.....	119
Valores esperados para el % de exudación según Paul Klieguer.	
Cuadro 4.27.....	121
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.45	
Cuadro 4.28.....	123
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.45	
Cuadro 4.29.....	125

Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.45	
Cuadro 4.30.....	127
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.55	
Cuadro 4.31.....	129
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.55	
Cuadro 4.32.....	131
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.55	
Cuadro 4.33.....	133
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.60	
Cuadro 4.34.....	135
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.60	
Cuadro 4.35.....	137
Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.60	
Cuadro 4.35A.....	143
Variación de la temperatura del concreto en el tiempo	
Cuadro 4.36.....	152
Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45.	
Cuadro 4.37.....	156
Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55.	
Cuadro 4.38.....	160
Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60.	
Cuadro 4.39.....	169
Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45.	
Cuadro 4.40.....	172
Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55	
Cuadro 4.41.....	175
Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60	

## LISTA DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<b>GRÁFICO</b>	<b>PÁG</b>
Gráfico 3.1.....	40
Curva granulométrica del agregado fino	
Gráfico 3.2.....	48
Curva granulométrica del agregado grueso	
Gráfico 3.3.....	57
Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=49% y AG=51%	
Gráfico 3.4.....	58
Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=48% y AG=52%	
Gráfico 3.5.....	59
Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=50% y AG=50%	
Gráfico 4.1.....	102
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya a/c 0.45	
Gráfico 4.2.....	102
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya a/c 0.45	
Gráfico 4.3.....	104
Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.45	
Gráfico 4.4.....	104
Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.45	
Gráfico 4.5.....	106
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.45	
Gráfico 4.6.....	106
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.45	
Gráfico 4.7.....	108
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya y a/c 0.55	
Gráfico 4.8.....	108
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya y a/c 0.55	
Gráfico 4.9.....	110
Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.55	
Gráfico 4.10.....	110
Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.55	
Gráfico 4.11.....	112
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.55	

Gráfico 4.12.....	112
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.55	
Gráfico 4.13.....	114
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya y a/c 0.60	
Gráfico 4.14.....	114
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya y a/c 0.60	
Gráfico 4.15.....	116
Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.60	
Gráfico 4.16.....	116
Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.60	
Gráfico 4.17.....	118
Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.60	
Gráfico 4.18.....	118
Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.60	
Gráfico 4.19.....	119
Cuadro comparativo de % de exudación con los diseños empleados	
Gráfico 4.20.....	122
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.45	
Gráfico 4.21.....	122
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.45	
Gráfico 4.22.....	124
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.45	
Gráfico 4.23.....	124
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.45	
Gráfico 4.24.....	126
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya + 0.35% de aditivo y a/c 0.45.	
Gráfico 4.25.....	126
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.45	
Gráfico 4.26.....	128
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y	

a/c 0.55.	
Gráfico 4.27.....	128
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.55	
Gráfico 4.28.....	130
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.55	
Gráfico 4.29.....	130
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.55	
Gráfico 4.30.....	132
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya + 0.35% de aditivo y a/c 0.55	
Gráfico 4.31.....	132
Log tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.55	
Gráfico 4.32.....	134
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.60.	
Gráfico 4.33.....	134
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.60	
Gráfico 4.34.....	136
Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.60	
Gráfico 4.35.....	136
Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.60	
Gráfico 4.36.....	138
Log tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.60.	
Gráfico 4.37.....	138
Log tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.60.	
Gráfico 4.38.....	139
Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento Quisqueya	



Gráfico 4.39.....	139
Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento Sol.	
Gráfico 4.40.....	140
Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento Quisqueya + 0.35% de aditivo.	
Gráfico 4.40A... ..	141
Tiempo transcurrido versus resistencia a la penetración	
Gráfico 4.41.....	144
Variación de la temperatura en función del tiempo para los diseños de mezcla empleados.	
Gráfico 4.42.....	155
Edad vs resistencia a la compresión para $a/c = 0.45$	
Gráfico 4.43.....	159
Edad vs resistencia a la compresión para $a/c = 0.55$	
Gráfico 4.44.....	163
Edad vs resistencia a la compresión para $a/c = 0.60$ .	
Gráfico 4.45.....	164
Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento QUISQUEYA	
Gráfico 4.46.....	165
Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento SOL	
Gráfico 4.47.....	166
Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento QUISQUEYA + 0.35%ADITIVO	
Gráfico 4.48.....	171
Edad vs módulo de rotura para $a/c = 0.45$	
Gráfico 4.49.....	174
Edad vs módulo de rotura para $a/c = 0.55$	
Gráfico 4.50.....	177
Edad vs módulo de rotura para $a/c = 0.60$	
Gráfico 4.51.....	178
Edad vs módulo de rotura para diseños empleando Quisqueya	
Gráfico 4.52.....	179
Edad vs módulo de rotura para diseños empleando SOL	

Gráfico 4.53.....	180
Edad vs módulo de rotura para diseños empleando QUISQUEYA+0.35% ADITIVO	

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG</b>
Figura 1.1.....	23
Ubicación de planta cementera CEMEX DOMINICANA	
Figura 1.2.....	24
Proceso de fabricación de cemento	
Figura 4.1.....	70
Composición del concreto en volumen	
Figura 4.2.....	92
Compacimetro de Glanville.	
Figura 4.3.....	92
Medidas en pulgadas del compacimetro.	
Figura 4.4.....	100
Reducción del volumen de concreto por el fenómeno de exudación.	
Figura 4.5.....	120
Instrumentos para realizar el ensayo de tiempo de fraguado: Penetrómetro con agujas, molde para mortero de concreto.	
Figura 4.6.....	146
Papel indicador de ph, usado para verificar el grado de alcalinidad del concreto fresco.	
Figura 4.7.....	150
Diferentes tipos de fractura después del ensayo a compresión	
Figura 4.8.....	151
Molde partido para cilindros de concreto de 15 x 30 cm.	
Figura 4.9.....	151
Cabeceador sistema de neopreno para cilindros de 15 x 30 cm. y su disco de neopreno.	
Figura 4.10.....	167
Distribución de las fuerzas de tensión sobre la viga de ensayo.	
Figura 4.11.....	168
Dimensiones del espécimen y posiciones de los apoyos para realizar el ensayo.	

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

### SÍMBOLO

%	porcentaje.
$\sigma_n$ :	desviación estándar de "n" elementos.
$\Sigma$ :	sumatoria.
" :	pulgada.
$\mu\text{m}$ :	micrómetros.

### SIGLA

a/c:	relación agua cemento.
ACI:	American Concrete Institute
AF:	agregado fino.
AG:	agregado grueso.
ASOCEM:	Asociación de Productores de Cemento.
ASTM:	American Society for Testing and Materials.
BSI:	British Standards Institution
C2S	Silicato Dicálcico
C3A:	Aluminato tricálcico.
C3S	Silicato Tricálcico
C4AF	Ferro Aluminato Tetracalcico
cal/gr.:	calorías por gramo
cc:	centímetro cúbico.
CEMEX:	Cementos Mexicanos.
cm.:	centímetros.
DIN:	Deutsches Institut für Normung
f'c:	resistencia a la compresión.
gr.:	gramos.
gr/cm <sup>3</sup>	gramo por centímetro cúbico.
INASSA:	INTERNATIONAL ANALYTICAL SERVICES SA
INDECOPI:	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
ISO:	International Organization for Standardization

kg/cm <sup>2</sup> ..:	kilogramo por centímetro cuadrado.
kg/l:	kilogramo por litro
kg/m <sup>3</sup> :	kilogramo por metro cúbico.
km.:	kilómetro.
l/m <sup>3</sup> :	litro por metro cúbico.
lb/plg <sup>2</sup>	libra por pulgada cuadrada.
LEM:	Laboratorio de Ensayo de Materiales.
Log.:	logaritmo natural.
m <sup>2</sup> /kg:	metro cuadrado por kilogramo.
m <sup>3</sup> :	metro cúbico.
máx.	máximo.
MF:	módulo de fineza
mín.	mínimo.
ml:	mililitro.
mm:	milímetros
Mpa:	megapascales.
Mr:	módulo de rotura
Nº.:	número.
NORDOM:	Norma Dominicana.
NTP:	Norma Técnica Peruana.
°C:	grados centígrados.
PE:	peso específico.
pH:	potencial Hidrógeno
ppm:	partes por millón
PUN:	peso unitario nominal.
S.A.:	Sociedad Anónima.
S.A.A.:	Sociedad Anónima Abierta.
t.:	tiempo
TM:	tamaño máximo.
TMN.:	tamaño máximo nominal.
tn/año:	toneladas anuales.
www:	World Wide Web

## INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento notorio del sector construcción en el Perú, la empresa Cemex Dominicana S.A. (perteneciente al grupo Cemex de México) ha iniciado sus exportaciones de cemento a partir de julio del 2007 hacia nuestro país, teniendo actualmente varios puntos de distribución de dicho producto, sin embargo no se tiene información suficiente de este cemento respecto a sus diferentes propiedades y su aplicación en nuestro medio.

El presente trabajo de investigación esta orientado a comprobar el comportamiento de los concretos preparados con el cemento portland Quisqueya, tanto en su estado fresco como en su estado endurecido, y se comparará los resultados con concretos elaborados usando cemento Sol y cemento Quisqueya con incorporación de aditivo retardante y plastificante en dosis igual al 0.35% del peso de cemento calculado en el diseño ;así podremos elegir también con mejores elementos de juicio si es el mas adecuado para una determinada obra.

Se analizaran los componentes del concreto y se emplearan 3 relaciones agua/cemento las cuales son: 0.45, 0.55 y 0.60 para diseños de mezcla usando cemento Quisqueya, cemento Sol y cemento Quisqueya con aditivo Chema Rentrampplast, haciendo un total de 9 diseños de mezcla. Todas las pruebas se realizaran en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI y siguiendo las normas vigentes emitidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP) ya que son documentos técnicos que rigen la aprobación o rechazo del producto estudiado.

El presente documento contiene aspectos generales sobre la fabricación del cemento importado Quisqueya, propiedades físicas y químicas del cemento, un estudio acerca de las características más importantes de los materiales a usar para la fabricación del concreto y en la parte final las propiedades de los concretos diseñados bajo condiciones de laboratorio.

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO QUISQUEYA

#### 1.1. CEMEX DOMINICANA S.A.

1906 CEMEX es fundada con la apertura de la planta Cementos Hidalgo en el norte de México.

1920 Inicia Cementos Monterrey con una producción de 20 000 toneladas de cemento anuales.

1931 Ambas compañías se unen para formar Cementos Mexicanos S.A.

1966 CEMEX adquiere la planta de Cementos Maya en Mérida y la nueva planta Valles.

1967 Se inicia la producción en la planta Torreón a través de las marcas de Cemento Portland Puzolana Monterrey y Cemento Portland Monterrey.

1976 Adquisición de Cementos Guadalajara y se convierte en el mayor proveedor de cemento en México.

1989 CEMEX se convierte en una de las diez compañías cementeras más grandes del mundo al adquirir Cementos Tolteca el segundo productor de cemento en México.

1992 CEMEX adquiere la compañía Valenciana y Sansón, las más grandes de España.

1995 expande sus operaciones al adquirir Cementos Nacionales, compañía en República Dominicana productora de Cementos Titán y Quisqueya.

1996 CEMEX adquiere Cementos Diamante y Samper en Colombia.

2000 CEMEX adquiere Southdown Inc en Estados Unidos.

2001-2007 Su participación destaca en países como México, España, Argentina, Estados Unidos de América, Tailandia y Centroamérica donde se establece como compañía número uno en la producción cementera. En cambio, en países como Venezuela, su producción abastece principalmente al mercado interno, teniendo un margen bajo en la producción para el mercado exterior.

**1.1.1. Ubicación**

País: República Dominicana.

Carretera Mella, km. 10, San Pedro de Macorís, Apartado 014.



Figura 1.1 Ubicación de planta cementera CEMEX DOMINICANA

**1.1.2. Materias primas empleadas**

MATERIAL	FORMULA QUÍMICA	PORCENTAJE
CALIZA	CaCO <sub>3</sub>	75% - 85%
ARCILLA	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	10% - 25%
SILICE	SiO <sub>2</sub>	1% -2%
YESO	CaSO <sub>4</sub> - 1/2H <sub>2</sub> O	2% - 2.5%

Cuadro 1.1 Materias primas empleadas en la fabricación de Cemento

### 1.1.3. Proceso de fabricación

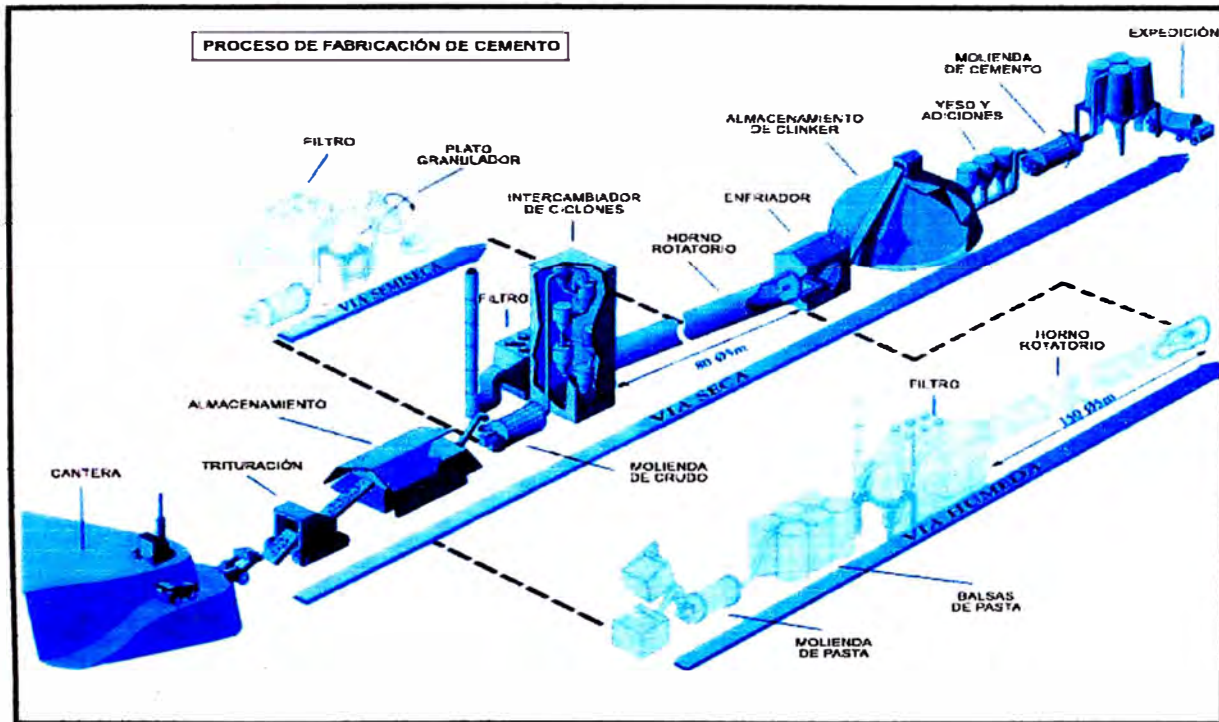


Figura 1.2 Proceso de fabricación del cemento <sup>10</sup>



**1.1.4. Tipos de cemento que fabrican <sup>8</sup>**

<b>TIPOS DE CEMENTO FABRICADOS EN CEMEX DOMINICANA</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>PRESENTACION</b>	<b>PROPIEDADES</b>	<b>USOS</b>
<b>CEMENTO TITAN PORTLAND TIPO I</b>	- bolsa 42.5 kg - granel	Desarrolla altas resistencias a edades tempranas 1, 3, 7 y 28 días esta propiedad se obtiene en el proceso de molienda al reducir el tamaño de la partícula de cemento.	Es una respuesta a necesidades específicas del sector industrial, cuando por requerimiento de operación es necesario retirar los moldes de producción con mayor rapidez, mantener un estándar de color y obtener resistencias mayores tanto a temprana edad como a edades finales.
<b>CEMENTO TITAN PORTLAND TIPO II</b>	- granel	El cemento Titán gris Portland Tipo II es un cemento para uso en construcciones de concreto expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o cuando se requiere un calor de hidratación moderado.	En obras donde se produzcan ataques moderados de los cloruros y sulfatos del agua, tales como: bases de muelles, puentes, tanques, túneles, tuberías de drenaje, canales hidráulicos, etc. En obras que requieran grandes volúmenes de concreto, como es el caso de: presas, muros de contención, pilas, pavimentos, etc.
<b>CEMENTO DEL YANQUE</b>	- bolsa 42.5 kg	El Cemento del Yaque desarrolla en gran medida la resistencia a la compresión, tiempo de fraguado, plasticidad y trabajabilidad.	Fabricando bajo el Sistema de Calidad, Certificado por la Norma ISO 9002; adecuado para todo tipo de uso en el sector de la construcción.

**Cuadro 1.2 Tipos de cemento que fabrican en CEMEX Dominicana**

CEMEX recientemente fue acreditada con el sello de Certificación ISO 9001:2000 cuyo propósito es colaborar con la mejora de la calidad de los procesos, productos y servicios relacionados con la construcción.

Cabe recalcar que “el cemento dominicano que se vende en el Perú (bajo la marca “Quisqueya”) es similar al que se vende internamente en República Dominicana, donde se comercializa bajo el nombre “Titán”, ambos poseen las mismas características técnicas, siguen el mismo proceso productivo y sirven para los mismos usos.”<sup>12</sup>

## **1.2. CEMENTOS PORTLAND**

### **1.2.1. Definición**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.001 se define como cemento Pórtland al Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.<sup>11</sup>

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida.

La mayor parte del cemento se comercializa en bolsas de 42.5 kg. y el resto a granel, de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Las bolsas por lo general, son fabricadas en papel krap extensible tipo Klupac con variable contenido de hojas, que usualmente están entre dos y cuatro, de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo.

En algunos casos cuando las condiciones del entorno lo aconseja, van provistas de un refuerzo interior de polipropileno. Las bolsas son ensayadas para verificar su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas.

También, las fábricas están preparadas para realizar la comercialización del cemento en bolsones con capacidad de 1.5 toneladas. Dichos bolsones se conocen como big bag.

Todas las fábricas disponen de facilidades para el despacho de cemento a granel. En ésta modalidad la cantidad mínima a vender es de 25 a 30 toneladas, según la capacidad del semirremolque.

La industria de cemento en el Perú produce los tipos y clases de cemento que son requeridos en el mercado nacional, según las características de los diferentes procesos que comprende la construcción de la infraestructura necesaria para el desarrollo, la edificación y las obras de urbanización que llevan a una mejor calidad de vida.

Los diferentes tipos de cemento que se encuentran en el mercado cumplen estrictamente con las normas nacionales e internacionales.

### 1.2.2. Clasificación

#### a. Sin adición:

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 los cementos Portland están clasificados de acuerdo a sus propiedades específicas y son:

*Tipo I:* Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo;

*Tipo II:* Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación;

*Tipo III:* Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales;

*Tipo IV:* Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación;

*Tipo V:* Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos;

**Nota:** Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación

combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado para su uso cuando cualquiera de los dos tipos son deseados.

b. Con adición:

Contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejemplo: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según Normas técnicas:

*Cementos Pórtland Puzolánicos (NTP 334.044)*

- i.- Cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- ii.- Cemento Pórtland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.

*Cementos Pórtland de Escoria (NTP 334.049)*

- i.- Cemento Pórtland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- ii.- Cemento Pórtland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%.

*Cementos Pórtland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073):* Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Pórtland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

*Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069):* Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Pórtland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.

*Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082):* Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:

- i.- GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades

especiales

- ii.- HH: De alta resistencia inicial
- iii.- MS: De moderada resistencia a los sulfatos
- iv.- HS: De alta resistencia a los sulfatos
- v.- MH: De moderado calor de hidratación
- vi.- LH: De bajo calor de hidratación

### 1.2.3. Cementos en el Perú

Las empresas cementeras en Perú, producen los siguientes tipos de cemento:

a. Cemento Andino S.A.

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo I (PM)

b. Cementos Lima S.A.

- Cemento Portland Tipo I; Marca "Sol"
- Cemento Portland Tipo IP - Marca "Super Cemento Atlas"

c. Cementos Pacasmayo S.A.A.

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland MS-ASTM C-1157
- Cemento Portland Compuesto Tipo I Co

d. Cementos Selva S.A. (subsidiaria de cementos Pacasmayo)

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland Compuesto Tipo I Co

e. Cemento Sur S.A.

Cemento Portland Tipo I - Marca "Rumi"

Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM - Marca "Inti"

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V

f. Yura S.A.

Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Tipo IP

Cemento Portland Tipo IPM

#### 1.2.4. Capacidad Instalada de la empresas cementeras

La capacidad instalada en Tn/año de las empresas cementeras en el Perú son:

EMPRESA	CAPACIDAD INSTALADA 2008
Cementos Lima S. A.	4 500 000
Cementos Pacasmayo S. A. A.	1 925 000
Cemento Andino S. A.	1 500 000
Yura S.A.	1 800 000
Cemento Sur S. A.	340 000
Cemento Selva S.A.	150 000

Tabla 1.1 .- Capacidad instalada de las empresas cementeras en el Perú <sup>4</sup>.

#### 1.2.5. Normalización del cemento

Se cuenta con 7 normas sobre especificaciones, una de muestreo e inspección, 5 sobre adiciones y 30 sobre método de ensayo.

En la actualidad, la responsabilidad de la normalización se encuentra en el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI, creado por Ley N° 25868, promulgada el 18.11.92. La dación de normas se encuentra dentro de las atribuciones de una de las secretarías de INDECOPI, denominada Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. El INDECOPI, como los organismos que lo antecedieron y la práctica internacional, efectúa la normalización por intermedio de comités técnicos tripartitos que congregan a especialistas de la producción, el consumo y la tecnología.

## CAPITULO 2

### PROPIEDADES DEL CEMENTO QUISQUEYA

#### 2.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Las propiedades físicas más importantes del cemento son:

##### 2.1.1. Finura o fineza

Se refiere al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, y sus unidades están en  $m^2/kg$ . Se determina mediante los siguientes ensayos:

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

*Importancia de la propiedad:* A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.

##### 2.1.2. Peso Específico

Se refiere al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en  $gr/cm^3$ . Se determina mediante el siguiente ensayo:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

*Importancia de la propiedad:* Usado en diseño de mezclas de concreto.

##### 2.1.3. Tiempo de Fraguado

Se denomina al tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta, se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y El tiempo de Fraguado Final. Se determina mediante los siguientes ensayos:

- Agujas de Vicat : (NTP 334.006)
- Agujas de Gillmore: (NTP 334.056)

*Importancia de la propiedad:* Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

#### 2.1.4. Estabilidad de Volúmen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por la presencia de agentes expansivos, se expresa en %. Se determina mediante el siguiente ensayo:

- Ensayo en Autoclave: NTP (334.004).

#### 2.1.5. Resistencia a la Compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento, se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. Se determina mediante el siguiente ensayo:

- Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm. (con mortero cemento-arena normalizada (NTP 334. 051)

Se ensaya a diferentes edades: 1, 3,7, 28 días.

*Importancia de la propiedad:* Es una de las más importantes de las propiedades ya que decide la calidad de los cementos

#### 2.1.6. Contenido de aire

Indica la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. Se determina mediante el siguiente ensayo:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar (NTP 334.048)

*Importancia de la propiedad:* Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% del f'c por cada 1 % de aire).

#### 2.1.7. Calor de Hidratación

Mide el calor desarrollado por la reacción exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. Se determina mediante el siguiente ensayo:

- Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar (NTP 334.064).

### 2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

#### 2.2.1. Componentes Químicos



Los componentes químicos del cemento Pórtland se expresan en porcentaje de óxidos que contienen. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97% aproximadamente. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos:

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	62.5 % - 64.5 %	C
SiO <sub>2</sub>	19 % - 22 %	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 % - 6 %	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 % - 3.5 %	F
SO <sub>3</sub>	2.3 % - 2.6 %	
MgO	0.9 % - 2.9 %	

Tabla 2.1.- Componentes Químicos del Cementos Pórtland de producción nacional. Fuente.- Boletín ASOCEM: "Química del Cemento".<sup>5</sup>

### 2.2.2. Compuestos Químicos

Los compuestos químicos formados por la combinación de los óxidos entre si por la cocción a altas temperaturas y forman productos complejos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

Designación	Formula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C3S	48% - 52%
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C2S	17% - 27%
Aluminato tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	6% - 10%
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF	9% - 11%

Tabla 2.2.- Compuestos Químicos del Cementos Pórtland de producción nacional. Fuente.- Boletín ASOCEM: "Química del Cemento".<sup>5</sup>

### 2.2.3. Propiedades de los compuestos principales

#### a. Silicato Tricálcico (C3S)

Es el más importante de los compuestos del cemento.

Determina la rapidez o velocidad de fraguado.

Determina la resistencia inicial del cemento

El calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.

Contribuye a una buena estabilidad de volumen.

Contribuye a la resistencia al intemperismo.

b. Silicato Dicálcico (C2S)

Es el segundo en importancia.

Endurece con lentitud.

Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).

El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.

Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.

Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

c. Aluminato Tricálcico (C3A)

Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).

Tiene poca resistencia mecánica (no incide en la resistencia a la compresión)

Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).

Tiene mala estabilidad de volumen.

Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.

Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

d. Ferro Aluminato Tetra calcico (C4AF)

Tiene relativa trascendencia en la velocidad de hidratación (es relativamente rápida).

El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).

En la resistencia mecánica no esta definida su influencia.

La estabilidad de volumen es mala.

Nota: El Silicato Tricálcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S) ambos constituyen el 75% del cemento. Por lo que la resistencia mecánica se debe a estos dos compuestos.

### 2.3. REQUISITOS TÉCNICOS DE LOS CEMENTOS

A continuación se presenta los requisitos físicos y químicos solicitados por la NTP 334.009 acerca de los cementos Pórtland y una comparación entre los cementos usados en el presente estudio:

#### REQUISITOS FISICOS

CARACTERÍSTICAS	NORMAS	CEMENTOS	
	ASTM C150 NTP 334.009	QUISQUEYA*	SOL**
<b>Contenido de Aire del Mortero, % volumen</b>			
máx.	12.0	3.47	9.7
min.	-		
<b>Finura, Superficie Específica, (m<sup>2</sup>/kg)</b>			
Ensayo de Permeabilidad, mín.	280.0	384.0	297.8
<b>Expansión en Autoclave, % máx.</b>	0.8	0.00	0.14
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Ensayo Vicat (minutos)			
Tiempo de Fraguado: No menor que, mín.	45.0	91	140
Tiempo de Fraguado: No mayor que, mín.	375.0	225	284
<b>Resistencia, no menores que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación</b>			
Resistencia a la compresión, Mpa			
3 días	12.0	32.2	24.61
7 días	19.0	41.7	31.28

Cuadro 2.1 .- Requisitos físicos de los cementos usados.

Fuente de requisitos físicos: NTP 334.009 <sup>11</sup>

\*Fuente Cemento Quisqueya:

INASSA-INTERNATIONAL ANALYTICAL SERVICES SAC <sup>6</sup>

\*\*Fuente Cemento Sol: Cementos Lima S.A. <sup>7</sup>

## REQUISITOS QUIMICOS

CARACTERISTICAS	NORMAS	CEMENTOS	
	ASTM C150 NTP 334.009	QUISQUEYA*	SOL**
<b>Oxido de Magnesio (MgO),</b> % máx.	6.0	1.10	3.25
<b>Trióxido de Azufre, SO<sub>3</sub>, %, máx,</b> Cuando (C3A) menor o igual a 8% Cuando (C3A) mayor a 8%	3.0 3.5	1.41	2.88
<b>Pérdida por ignición, % máx</b>	3.0	1.03	0.90
<b>Residuo Insoluble</b> % máx.	0.75	0.52	0.47

Cuadro 2.2 Requisitos químicos de los cementos usados.

Fuente de requisitos químicos: NTP 334.009 <sup>11</sup>

\*Fuente Cemento Quisqueya:

INASSA-INTERNATIONAL ANALYTICAL SERVICES SAC <sup>6</sup>

\*\*Fuente Cemento Sol: Cementos Lima S.A. <sup>7</sup>

## CAPITULO 3

### DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A USAR EN EL CONCRETO

#### 3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS <sup>18</sup>

##### 3.1.1. Generalidades

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un correcto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aún cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño.

Se considera que los agregados constituyen del 70% al 80% del volumen de concreto, se puede deducir que las variaciones de calidad en el tiempo de éstos afectan en gran medida las propiedades finales del concreto.

Basados en las normas técnicas peruanas e internacionales NTP y ASTM, se evaluarán las propiedades de los agregados para concreto, con lo que se determinará si estos se mantienen dentro de los límites aceptables.

##### 3.1.2. Tipo y procedencia de los materiales

El agregado fino es arena gruesa y proviene de la Cantera Trapiche; el agregado grueso es piedra chancada y proviene de la Cantera La Gloria.

##### 3.1.3. Agregado Fino

###### a. Granulometría

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33

La importancia de la granulometría de los agregados radica, en que de estos dependerán las propiedades de los diferentes tipos de concretos, mayor estabilidad volumétrica, resistencia, y por esto conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad.

Requerimientos de granulometría para agregados finos	
Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95-100
2.36 mm (N° 8)	80-100
1.18 mm (N° 16)	50-85
600 µm (N° 30)	25-60
300 µm (N° 50)	10-30
150 µm (N° 100)	2-10

Tabla 3.1 Requisitos de Granulometría para agregados finos. <sup>11</sup>

Nota: Se permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida

La granulometría es la determinación más corriente y una de las más importantes que se realizan al agregado; y representa la distribución de los tamaños que posee el mismo.

La norma NTP 400.012 establece el procedimiento para efectuar el tamizado y determinar la granulometría de los áridos de densidad real normal.

La granulometría permite también obtener el módulo de finura del agregado y su expresión gráfica representada por la curva granulométrica.

Para determinar la granulometría del agregado se considera la masa de una muestra de ensayo; se tamiza la muestra y se determina la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Se calculan los porcentajes parciales retenidos y se expresa la granulometría. Luego tenemos:

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO  
 (NTP 400.012 - ASTM C136/C33)**

**Identificación de materiales**

	A. Fino
Tipo	Arena Gruesa
Procedencia	C. Trapiche

**Muestra 1**                      Peso= 500.0 gr

Malla	Peso Ret.(gr)	% Ret	% Ret.Acum	%Pasa
4	10.50	2.11	2.11	97.89
8	43.50	8.73	10.84	89.16
16	115.00	23.09	33.94	66.06
30	132.00	26.10	60.04	39.96
50	108.00	21.69	81.73	18.27
100	51.50	10.34	92.07	7.93
fondo	39.50	7.93	100.00	0.00

**Muestra 2**                      Peso= 500.0 gr.

Malla	Peso Ret.(gr)	% Ret	% Ret.Acum	%Pasa
4	9.00	1.81	1.81	98.19
8	48.50	9.75	11.56	88.44
16	112.00	22.51	34.07	65.93
30	135.50	26.73	60.80	39.20
50	106.00	21.31	82.11	17.89
100	50.50	10.15	92.26	7.74
fondo	38.50	7.74	100.00	0.00

**Desviación Estándar y Promedio del Porcentaje que pasa:**

Malla	Muestra 1 %Pasa	Muestra 2 %Pasa	Desv. Estand. $\sigma$	Valor Máximo Desv. Estand.	Promedio %
4	97.89	98.19	0.212	0.7	98.04
8	89.16	88.44	0.505	1.6	88.80
16	66.06	65.93	0.095	1.6	66.00
30	39.96	39.20	0.540	2.4	39.58
50	18.27	17.89	0.271	1.5	18.08
100	7.93	7.74	0.136	1.1	7.84
fondo	0.00	0.00			

Cuadro 3.1 Análisis granulométrico del agregado fino

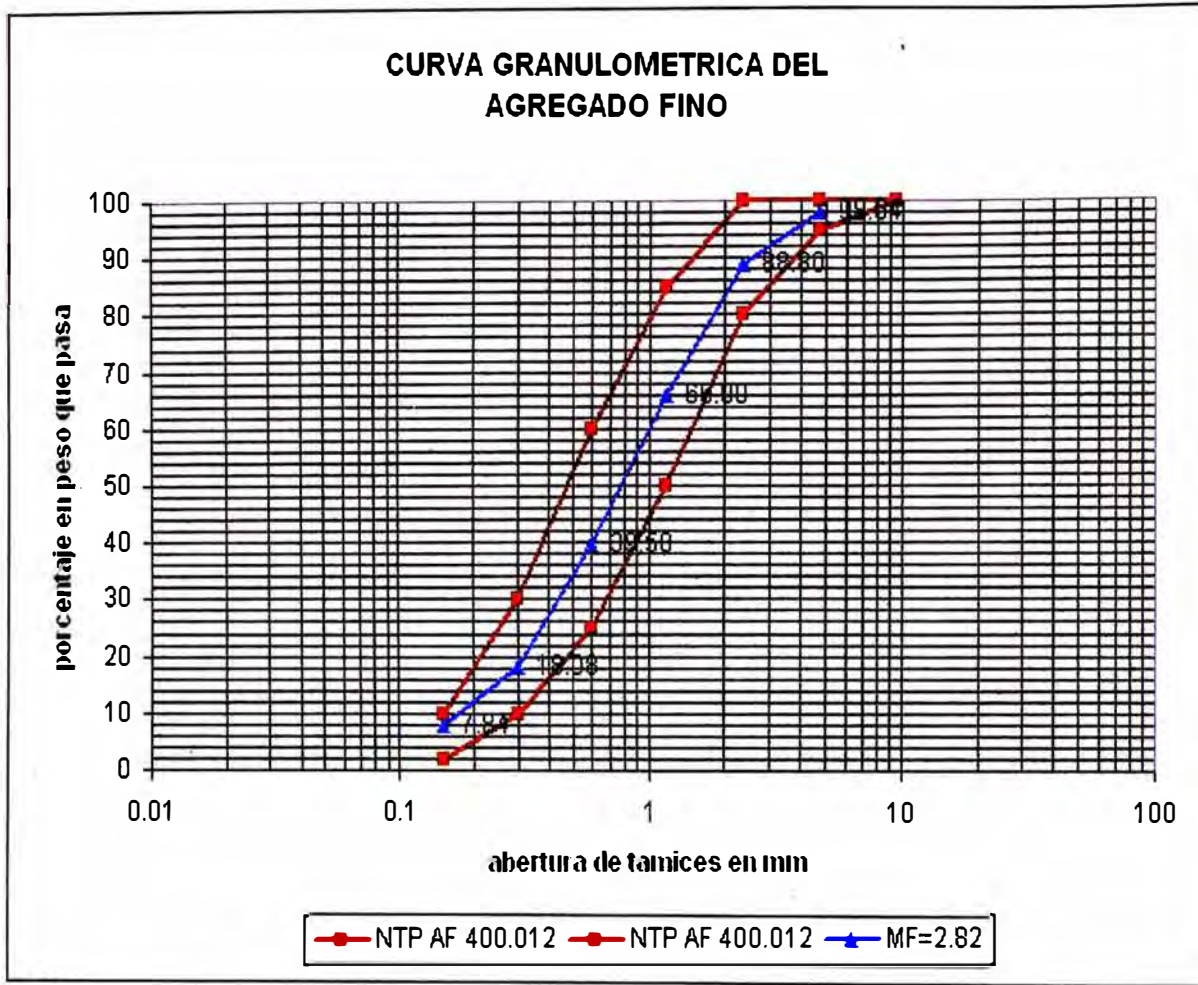


Gráfico 3.1 Curva granulométrica del agregado fino



b. Modulo de Fineza

Norma utilizada: NTP 400.012

Granulometrías que tengan iguales módulos de fineza independientemente de la gradación de sus partículas requieren la misma cantidad de agua para obtener similares propiedades de trabajabilidad y resistencia. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{M.F.} = \frac{\Sigma \% \text{ retenido acumulado (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Para la muestra 1:

$$\text{M.F. (1)} = \frac{(2.11+10.84+33.94+60.04+81.73+92.07)}{100}$$

$$\text{M.F. (1)} = 2.81$$

Para la muestra 2:

$$\text{M.F. (1)} = \frac{(1.81+11.56+34.07+60.80+82.11+92.26)}{100}$$

$$\text{M.F. (1)} = 2.83$$

Promediando ambos valores:

$$\text{M.F. agregado fino} = 2.82$$

c. Peso Unitario Suelto (PUS)

Normas utilizadas: NTP 400.017 - ASTM C29

Proceso por el cual es llenado de manera continua el agregado fino sin ejercer

presión en un recipiente de volumen conocido. Para este ensayo se utilizó un recipiente metálico de  $1/10\text{pie}^3$  de volumen, de acuerdo a las tablas indicadas en la norma mencionada.

PESO UNITARIO SUELTO (NTP 400.017 - ASTM C29)				
		A. Fino		
Tipo		Arena Gruesa		
Procedencia		C. Trapiche		
<u>Agregado Fino:</u>				
			Prueba 1	Prueba 2
A)	Peso de la muestra + recipiente	(kg)	7.548	7.555
B)	Peso del recipiente	(kg)	2.750	2.750
C)	Peso de la muestra (A-B)	(kg)	4.798	4.805
D)	Volumen de recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.002832	0.002832
E)	Peso unitario suelto (C/D)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1694.40</b>	<b>1696.87</b>
Prueba	A. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	Desv. Estand. $\sigma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Valor Máximo Desv. Estand.	
1	1694.40	1.75	40.0 kg/m <sup>3</sup>	
2	1696.87			
promedio <b>1695.6</b>				
<b>Peso Unitario Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>A. Fino</b>		
		<b>1695.6</b>		

Cuadro 3.2 Peso unitario suelto del agregado fino.

d. Peso Unitario Compactado (PUC)

Normas utilizadas: NTP 400.017 - ASTM C29

La importancia de este ensayo radica en que a partir de los resultados obtenidos podemos clasificar el agregado en livianos, normales y pesados. Del resultado obtenido podemos clasificar a este agregado como normal, ya que el peso

unitario compactado de este agregado lo califica como tal.

PESO UNITARIO COMPACTADO (NTP 400.017 - ASTM C29)				
		A. Fino		
Tipo		Arena Gruesa		
Procedencia		C. Trapiche		
<u>Agregado Fino:</u>				
			Prueba 1	Prueba 2
A)	Peso de la muestra + recipiente	(kg)	8.055	8.043
B)	Peso del recipiente	(kg)	2.750	2.750
C)	Peso de la muestra (A-B)	(kg)	5.305	5.293
D)	Volumen de recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.002832	0.002832
E)	Peso unitario compactado (C/D)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1873.45</b>	<b>1869.21</b>
Prueba	A. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	Desviación Estándar $\sigma$	Valor Máximo Desviación Estándar	
1	1873.45	3.00 kg/m <sup>3</sup>	40.0 kg/m <sup>3</sup>	
2	1869.21			
promedio <b>1871.3</b>				
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )		<b>A. Fino</b>		
		<b>1871.3</b>		

Cuadro 3.3 Peso unitario compactado del agregado fino.

e. Peso específico y Porcentaje de Absorción

Normas utilizadas: NTP 400.022 - ASTM C128

*Peso específico (densidad) 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 específico (densidad) 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 la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

**Peso específico (densidad) de masa saturado superficialmente seco.**- Es lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables

<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA Y ABSORCIÓN (NTP 400.022 - ASTM C128)</b>				
		A. Fino		
Tipo		Arena Gruesa		
Procedencia		C. Trapiche		
			Prueba 1	Prueba 2
A)	Peso de la arena superficialmente seca	(gr)	500.00	500.00
B)	P. de la arena sup.seca + P. del balón	(gr)	1247.50	1247.50
	+ P. del agua			
C)	Peso del balón	(gr)	247.50	247.50
D)	Peso del agua	(gr)	500.00	500.00
E)	Peso de la arena seca al horno	(gr)	488.00	487.80
F)	Volumen del balón	(cc)	697.00	696.00
G)	P. Especifico de Masa $E/(F-D)$	(kg/m <sup>3</sup> )	2477.16	2488.78
H)	P. Especifico de Masa SSS $500/(F-D)$	(kg/m <sup>3</sup> )	2538.07	2551.02
I)	P. Especifico Aparente $E/((F-D)-(500-E))$	(kg/m <sup>3</sup> )	2637.84	2653.97
J)	Porcentaje de absorción $100x(500-E)/E$	(%)	2.459	2.501
Prueba	P. E. de Masa (kg/m <sup>3</sup> )	P.E. de Masa SSS (kg/m <sup>3</sup> )	P.E. Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
1	2477.16	2538.07	2637.84	2.459
2	2488.78	2551.02	2653.97	2.501
Desv. Estand. $\sigma_n$	8.2	9.16	11.4	0.030
Valor Máximo Desv. Estand.	13	27	27	0.31
Promedio	<b>2483.0</b>	<b>2544.5</b>	<b>2645.9</b>	<b>2.480</b>

Cuadro 3.4 Peso específico de masa y absorción del agregado fino

f. Contenido de humedad

Normas utilizadas: NTP 339.185 - ASTM C566

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia esta en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - ASTM C566)				
			A. Fino	
	Tipo		Arena Gruesa	
	Procedencia		C. Trapiche	
				Prueba 1
				Prueba 2
A)	Peso de la muestra en estado natural	(gr)		500.00
B)	Peso de la muestra seca al horno	(gr)		495.95
C)	Peso del agua perdida (A-B)	(gr)		4.050
D)	Contenido de humedad (100xC/B)	(%)		3.950
				<b>0.817</b>
				<b>0.796</b>
Prueba	A. Fino (%)	Desviación Estándar $\sigma$	Valor Máximo Desviación Estándar	
1	0.817	0.014 %	0.79 %	
2	0.796			
promedio <b>0.806</b>				
Contenido de Humedad (%)			<b>A. Fino</b>	
			<b>0.806</b>	

Cuadro 3.5 Contenido de humedad del agregado fino.

3.1.4. **Agregado Grueso**

a. Granulometría

Normas utilizadas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33

La granulometría se realizó de acuerdo con las normas mencionadas y con los siguientes tamices 1", ¾", ½", 3/8", y ¼". La tabla 3.2 representa los requisitos para los agregados gruesos.

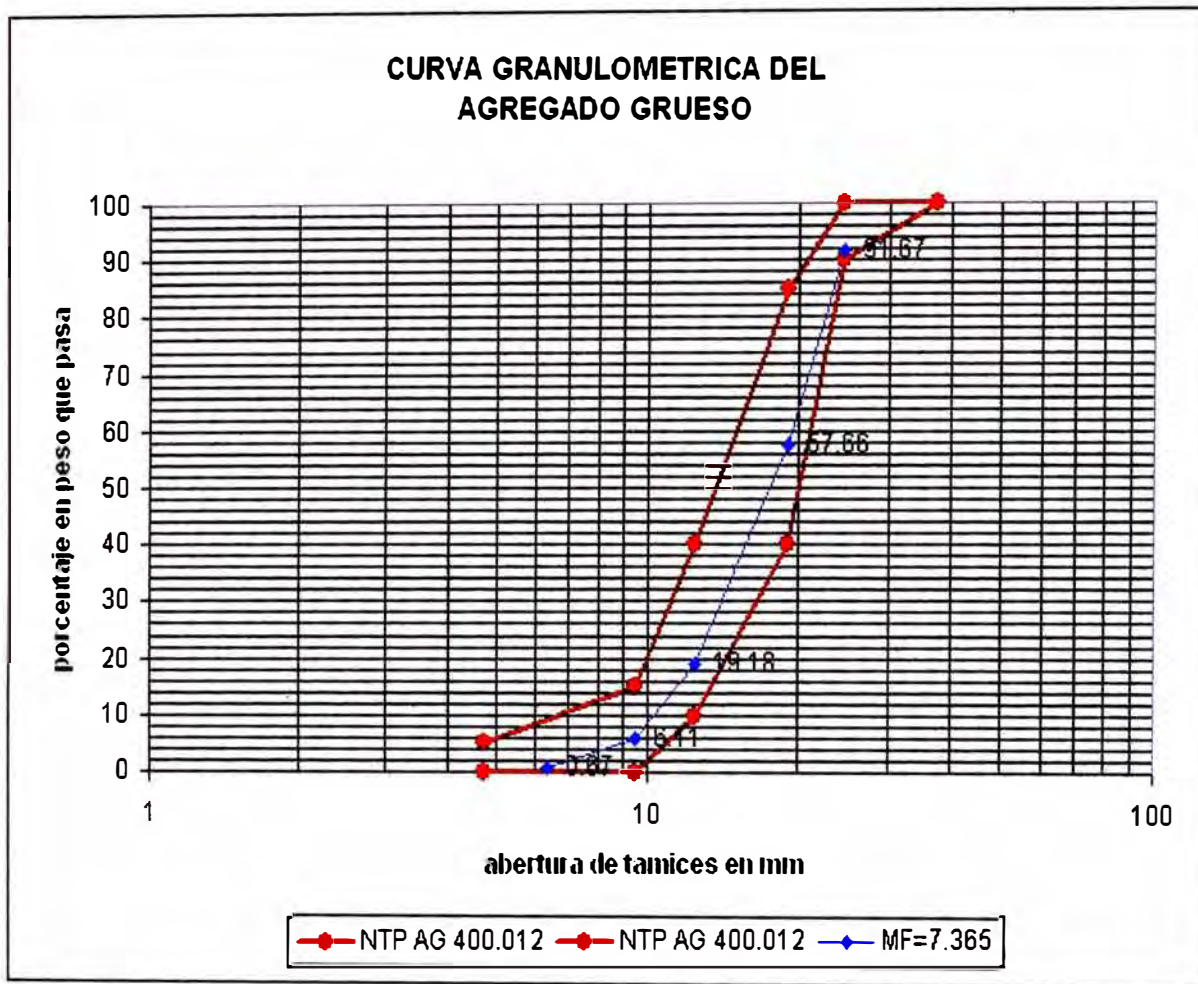
N° AST M	Tamaño nominal	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm 4"	90 mm 3½"	75 mm 3"	63 mm 2½"	50 mm 2"	37.5 mm 1½"	25 mm 1"	19 mm ¾"	12.5 mm ½"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16	
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 a 25mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	50 a 4.75mm (2" a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37.5 a 19.0mm (1 ½" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	37.5 a 4.750m m (1 ½" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25 a 12.5mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25 a 9.5mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25 a 4.75mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19 a 4.75 mm (¾" a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9.5 a 2.36mm (3/8" a N°8)										100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Tabla 3.2 Requisitos de Granulometría para agregados gruesos. <sup>11</sup>

El cuadro 3.6 es el análisis granulométrico del agregado grueso siguiendo el procedimiento de la norma en mención. Se tiene:

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (NTP 400.012 - ASTM C136)</b>					
		A. Grueso			
Tipo		Piedra Chancada			
Procedencia		C. La Gloria			
<b>Muestra 1</b> Peso= 12000 gr                      TM= 1½"                      TMN= 1"					
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa	
1"	1010.00	8.45	8.45	91.55	
¾"	4070.00	34.06	42.51	57.49	
½"	4640.00	38.41	80.92	19.08	
⅜"	1570.00	13.14	94.06	5.94	
¼"	650.00	5.44	99.50	0.50	
fondo	60.00	0.50	100.00	0.00	
<b>Muestra 2</b> Peso= 12000 gr                      TM= 1½"                      TMN= 1"					
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa	
1"	980.00	8.21	8.21	91.79	
¾"	4050.00	33.95	42.16	57.84	
½"	4670.00	38.56	80.72	19.28	
⅜"	1550.00	12.99	93.71	6.29	
¼"	650.00	5.45	99.16	0.84	
fondo	100.00	0.84	100.00	0.00	
<b>Desviación Estándar y Promedio del Porcentaje que pasa:</b>					
	Muestra 1	Muestra 2	Desv. Estand.	Valor Máximo Desv. Estand.	Promedio
Malla	% Pasa	% Pasa	σ		%
1"	91.55	91.79	0.168	2.3	<b>91.67</b>
¾"	57.49	57.84	0.246	3.7	<b>57.66</b>
½"	19.08	19.28	0.141	2.7	<b>19.18</b>
⅜"	5.94	6.29	0.244	2.1	<b>6.11</b>
¼"	0.50	0.84	0.238	0.8	<b>0.67</b>
fondo	0.00	0.00	0.000		

Cuadro 3.6 Análisis granulométrico del agregado grueso



Tamiz	apertura	Huso		% pasa
	mm	NTP AG	AG	AG
N100	0.15			
N50	0.3			
N30	0.6			
N16	1.18			
N8	2.36			
N4	4.75	0	5	
1/4	6.35			0.67
3/8	9.5	0	15	6.11
1/2	12.5	10	40	19.18
3/4	19	40	85	57.66
1	24.5	90	100	91.67
1 1/2	37.5	100	100	
MF				7.365

Gráfico 3.2 Curva granulométrica del agregado grueso



b. Modulo de Fineza

Norma utilizada: NTP 400.012

El módulo de fineza es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de fineza del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{M.F.} = \frac{\Sigma \% \text{ retenido acumulado (1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4")}}{100}$$

Para la muestra 1:

$$\text{M.F. (1)} = \frac{(91.55+57.49+19.08+5.94+0.50)}{100}$$

$$\text{M.F. (1)} = 7.37$$

Para la muestra 2:

$$\text{M.F. (1)} = \frac{(91.79+57.84+19.28+6.29+0.84)}{100}$$

$$\text{M.F. (1)} = 7.36$$

Promediando ambos valores:

$$\text{M.F. agregado grueso} = 7.365$$

c. Peso Unitario Suelto (PUS)

Normas utilizadas: NTP 400.017 - ASTM C29

El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie<sup>3</sup>, ya que el TMN del agregado grueso es de 1”.

<b>PESO UNITARIO SUELTO (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>				
		<b>A. Grueso</b>		
<b>Tipo</b>		<b>Piedra Chancada</b>		
<b>Procedencia</b>		<b>C. La Gloria</b>		
<b>Agregado Grueso:</b>				
			<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>
<b>A)</b>	<b>Peso de la muestra + recipiente</b>	<b>(kg)</b>	<b>20.250</b>	<b>20.280</b>
<b>B)</b>	<b>Peso del recipiente</b>	<b>(kg)</b>	<b>6.951</b>	<b>6.951</b>
<b>C)</b>	<b>Peso de la muestra (A-B)</b>	<b>(kg)</b>	<b>13.299</b>	<b>13.329</b>
<b>D)</b>	<b>Volumen de recipiente</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>0.009437</b>	<b>0.009437</b>
<b>E)</b>	<b>Peso unitario suelto (C/D)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1409.2</b>	<b>1412.4</b>
<b>Prueba</b>	<b>A. Grueso (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Desviación Estándar <math>\sigma</math></b>	<b>Valor Máximo Desviación Estándar</b>	
<b>1</b>	<b>1409.2</b>	<b>2.25 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>40.0 kg/m<sup>3</sup></b>	
<b>2</b>	<b>1412.4</b>			
<b>promedio 1410.8</b>				
<b>Peso Unitario Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>A. Grueso</b>		
		<b>1410.8</b>		

Cuadro 3.7 Peso unitario suelto del agregado grueso.

d. Peso Unitario Compactado (PUC)

Normas utilizadas: NTP 400.017 - ASTM C29

El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie<sup>3</sup>, ya que el TMN del agregado grueso es de 1”.

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (NTP 400.017 - ASTM C29)</b>				
		<b>A. Grueso</b>		
<b>Tipo</b>		Piedra Chancada		
<b>Procedencia</b>		C. La Gloria		
<b>Agregado Grueso:</b>				
			Prueba 1	Prueba 2
A)	Peso de la muestra + recipiente	(kg)	22.100	21.950
B)	Peso del recipiente	(kg)	6.951	6.951
C)	Peso de la muestra (A-B)	(kg)	15.15	15.00
D)	Volumen de recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.009437	0.009437
E)	Peso unitario compactado (C/D)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1605.3</b>	<b>1589.4</b>
<b>Prueba</b>	<b>A. Grueso (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Desviación Estándar <math>\sigma</math></b>	<b>Valor Máximo Desviación Estándar</b>	
1	1605.3	11.24 kg/m <sup>3</sup>	40.0 kg/m <sup>3</sup>	
2	1589.4			
promedio		1597.3		
<b>Peso Unitario Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>A. Grueso</b>		
		<b>1597.3</b>		

Cuadro 3.8 Peso unitario compactado del agregado grueso.

e. Peso específico y Porcentaje de Absorción

Normas utilizadas: NTP 400.022 - ASTM C128

Se calcula siguiendo los pasos de la norma mencionada, se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Ciertos agregados porosos exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo.

El porcentaje de absorción se calculó siguiendo los pasos de la norma mencionada, y se elaboro el siguiente cuadro:

<b>PESO ESPECIFICO DE MASA Y ABSORCIÓN (NTP 400.021- ASTM C127)</b>				
Tipo		A. Grueso Piedra Chancada		
Procedencia		C. La Gloria		
<b>Agregado Grueso</b>				
			Prueba 1	Prueba 2
A)	Peso de la muestra secada en horno	(gr)	3981.30	3984.40
B)	Peso de la muestra SSS	(gr)	4000.00	4000.00
C)	P. de la muestra saturada en agua	(gr)	4388.60	4392.00
	+ peso de la canastilla			
D)	Peso de la canastilla	(gr)	1890.00	1890.00
E)	Peso de la muestra saturada en agua (C-D)	(gr)	2498.60	2502.00
F)	Peso Especifico de Masa A/(B-E)	(kg/m3)	<b>2651.73</b>	<b>2659.81</b>
G)	Peso Especifico de Masa SSS B/(B-E)	(kg/m3)	2664.18	2670.23
H)	Peso Especifico Aparente A/(A-E)	(kg/m3)	2685.17	2687.80
I)	Porcentaje de Absorción $100 \times (B-A)/A$	(%)	<b>0.470</b>	<b>0.392</b>
Prueba	P. E. de Masa (kg/m3)	P.E. de Masa SSS (kg/m3)	P.E. Aparente (kg/m3)	Porcent. Absorción (%)
1	2651.73	2664.18	2685.17	0.470
2	2659.81	2670.23	2687.80	0.392
Desv. Estand. $\sigma_n$	5.7	4.28	1.9	0.055
Valor Máximo Desv. Estand.	13	27	27	0.31
Promedio	<b>2655.8</b>	<b>2667.2</b>	<b>2686.5</b>	<b>0.431</b>

Cuadro 3.9 Peso específico de masa y absorción del agregado grueso

f. Contenido de humedad

Normas utilizadas: NTP 339.185 - ASTM C566

El porcentaje de absorción se calculó siguiendo los pasos de la norma mencionada, y se elaboró el siguiente cuadro:

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - ASTM C566)</b>				
		<b>A. Grueso</b>		
<b>Tipo</b>		Piedra Chancada		
<b>Procedencia</b>		C. La Gloria		
<b>Agregado Grueso:</b>				
			<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>
<b>A)</b>	<b>Peso de la muestra en estado natural</b>	<b>(gr)</b>	1000.00	1000.00
<b>B)</b>	<b>Peso de la muestra seca al horno</b>	<b>(gr)</b>	997.80	997.20
<b>C)</b>	<b>Peso del agua perdida (A-B)</b>	<b>(gr)</b>	2.200	2.800
<b>D)</b>	<b>Contenido de humedad (100xC/B)</b>	<b>(%)</b>	<b>0.220</b>	<b>0.281</b>
<b>Prueba</b>	<b>A. Grueso (%)</b>	<b>Desviación Estándar. <math>\sigma</math></b>	<b>Valor Máximo Desviación Estándar.</b>	
1	0.220	0.043 %	0.79 %	
2	0.281			
promedio	0.251			
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		<b>A. Grueso</b>		
		<b>0.251</b>		

Cuadro 3.10 Contenido de humedad del agregado grueso.

**g. Tamaño máximo**

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado. Del cuadro de análisis granulométrico se tiene:

$$\text{Tamaño Máximo (TM)} = 1 \frac{1}{2}''$$

**h. Tamaño nominal máximo**

Corresponde al primer tamiz que produce el primer retenido. Del cuadro de análisis granulométrico se tiene:

**Tamaño Nominal Máximo (TNM) = 1”**

**3.1.5. Agregado Global**

a. Granulometría

Normas utilizadas: NTP 400.012

La granulometría se realizó de acuerdo con las normas mencionadas y con los siguientes tamices 1”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Se realizó el ensayo con los siguientes porcentajes de agregados, y con los husos granulométricos de las normas NTP 400.037, DIN 1045, y BSI 882.

AGREGADO	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DEL AGREGADO EN EL ENSAYO		
	ARENA GRUESA	48%	49%
PIEDRA CHANCADA	52%	51%	50%

Cuadro 3.11 % de participación del agregado en el ensayo.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GLOBAL						
Tipo		A. Fino	A. Grueso			
		Arena Gruesa	Piedra Chancada			
Procedencia		C. Trapiche	C. La Gloria			
Muestra 1	Peso=	12000 gr	AF= 48%	AG= 52%	MF=	5.42
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa		
1"	834.6	6.95	6.95	93.05		
3/4"	2154.2	17.95	24.91	75.09		
1/2"	2461.2	20.51	45.42	54.58		
3/8"	831.0	6.92	52.34	47.66		
1/4"	344.0	2.87	55.21	44.79		
4	111.2	0.93	56.13	43.87		
8	524.5	4.37	60.51	39.49		
16	1294.0	10.78	71.29	28.71		
30	1499.3	12.49	83.78	16.22		
50	1219.9	10.17	93.95	6.05		
100	581.5	4.85	98.79	1.21		
fondo	144.7	1.21	100.00	0.00		
		12000.0				

Muestra 2	Peso=	12000 gr	AF= 49%	AG= 51%	MF= 5.37
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa	
1"	824.4	6.87	6.87	93.13	
3/4"	2113.3	17.61	24.48	75.52	
1/2"	2414.5	20.12	44.60	55.40	
3/8"	815.2	6.79	51.40	48.60	
1/4"	337.5	2.81	54.21	45.79	
4	113.5	0.95	55.15	44.85	
8	535.5	4.46	59.62	40.38	
16	1321.4	11.01	70.63	29.37	
30	1531.0	12.76	83.39	16.61	
50	1245.7	10.38	93.77	6.23	
100	593.8	4.95	98.72	1.28	
fondo	154.1	1.28	100.00	0.00	
12000.0					
Muestra 3	Peso=	12000 gr	AF= 50%	AG= 50%	MF= 5.33
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa	
1"	814.2	6.79	6.79	93.21	
3/4"	2072.1	17.27	24.05	75.95	
1/2"	2367.4	19.73	43.78	56.22	
3/8"	799.3	6.66	50.44	49.56	
1/4"	330.9	2.76	53.20	46.80	
4	115.9	0.97	54.17	45.83	
8	546.7	4.56	58.72	41.28	
16	1349.0	11.24	69.96	30.04	
30	1562.9	13.02	82.99	17.01	
50	1271.7	10.60	93.59	6.41	
100	606.2	5.05	98.64	1.36	
fondo	163.5	1.36	100.00	0.00	
12000.0					

Cuadro 3.12 Análisis granulométrico del agregado global.

Cada muestra genera una curva granulométrica, la cual es dibujada junto con los tres husos normados mencionados, y de esas graficas se obtiene la más representativa para cada muestra.

**b. Husos Granulométricos**

En el siguiente cuadro se muestran los respectivos husos normados según la NTP 400.037, DIN 1045, y BSI 882.

tamiz	apertura mm	NTP 400.037		DIN 1045			BSI 882	
N°100	0.15	0	8	0	0	0	0	8
N°50	0.30			2	8	15		
N°30	0.60	8	30				8	30
N°16	1.18			8	28	42		
N°8	2.36			14	37	53		
N°4	4.75	25	50	23	47	65		
	5.00						25	50
3/8"	9.50			38	62	77		
3/4"	19.0	45	100	62	80	89		
	20.0						45	80
1 1/2"	37.5	95	100	100	100	100	95	100

Cuadro 3.13 Husos granulométricos usados.

Fuente de huso NTP 400.037:

INDECOPI <sup>11</sup>

Fuente de huso DIN 1045:

Tesis: Efectos del aditivo retardante plastificante sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia (1999) Autor: Francisco Ccama. <sup>10</sup>

Fuente de huso BSI 882:

<http://www.p2pays.org/> <sup>15</sup>

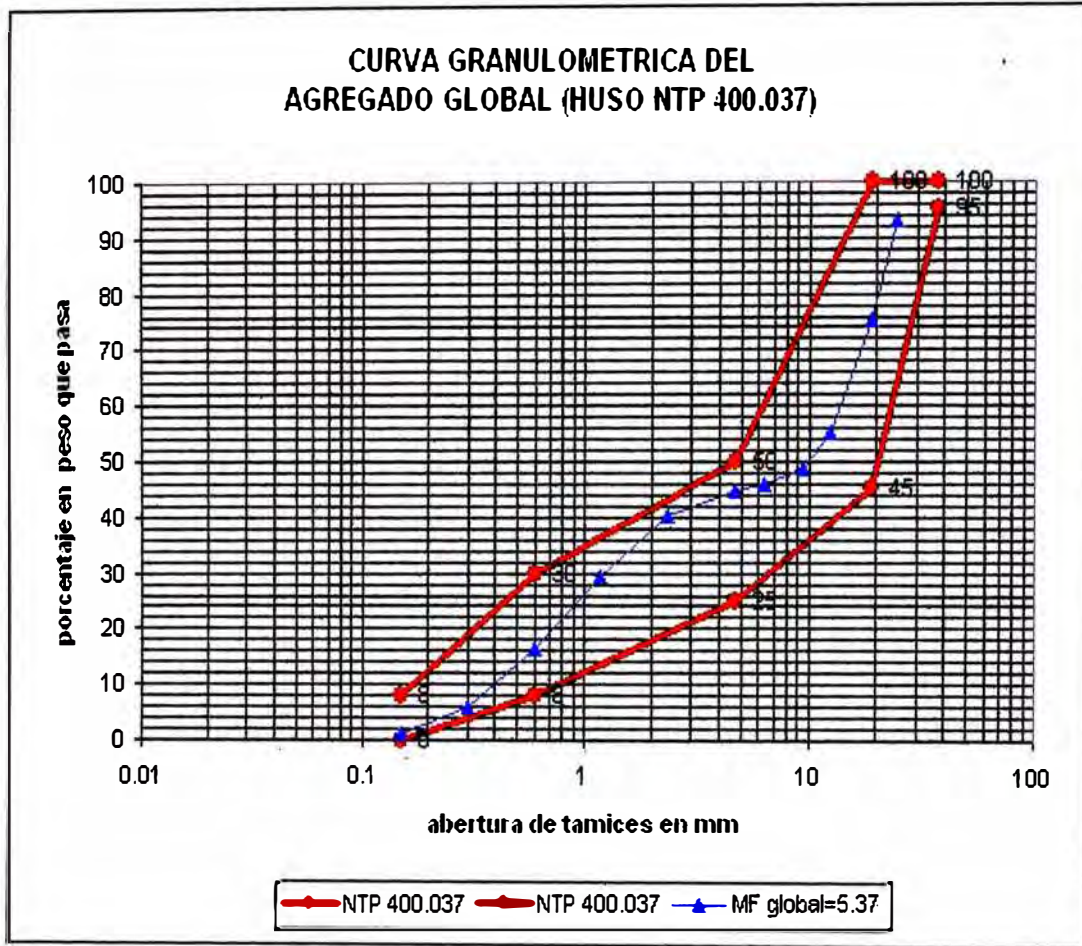
Así se tiene:

Para un porcentaje de participación de Arena: 48% y Piedra: 52%, el huso más representativo o el cual mas se ajusta a la muestra es el mostrado en el gráfico 3.4.

Para un porcentaje de participación de Arena: 49% y Piedra: 51%, el huso más representativo o el cual mas se ajusta a la muestra es el mostrado en el gráfico 3.3

Para un porcentaje de participación de Arena: 50% y Piedra: 50%, el huso más representativo o el cual mas se ajusta a la muestra es el mostrado en el gráfico 3.5.





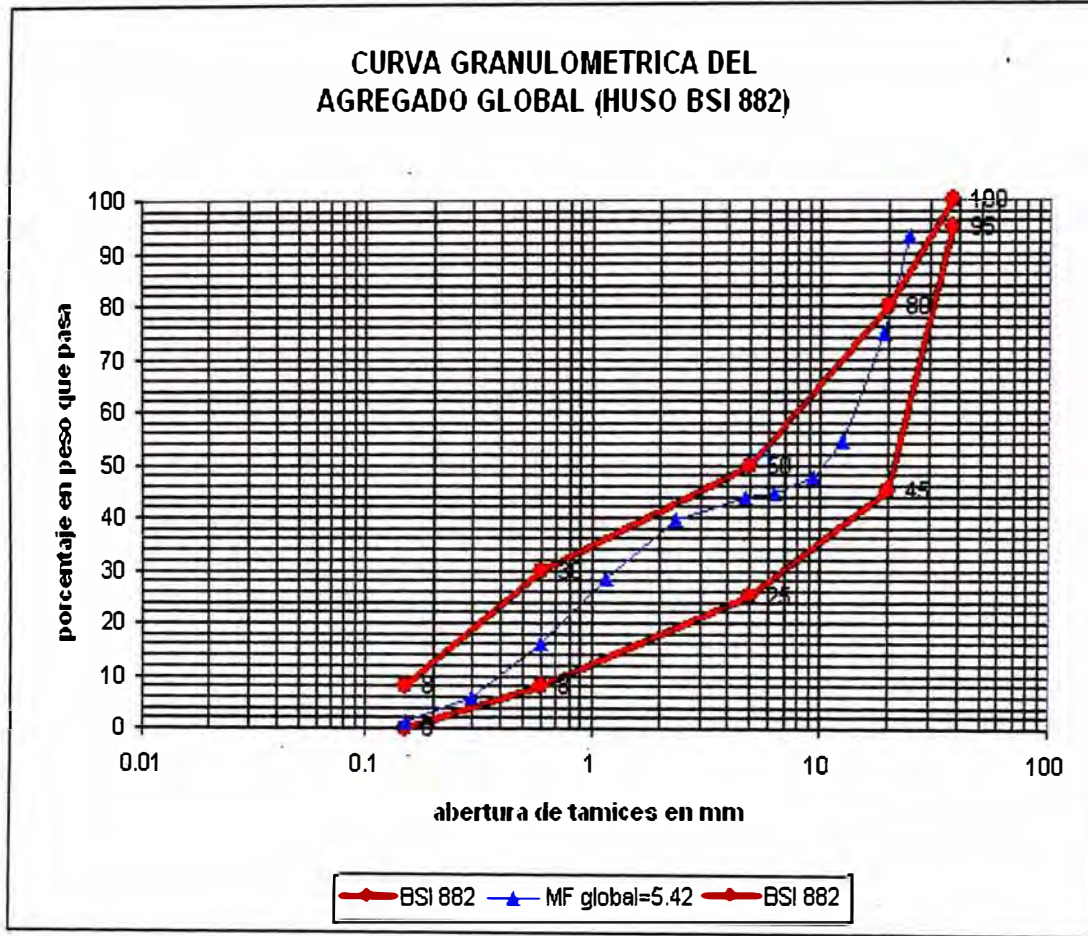
Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa
1"	824.4	6.9	6.9	93.13
3/4"	2113.3	17.6	24.5	75.52
1/2"	2414.5	20.1	44.6	55.40
3/8"	815.2	6.8	51.4	48.61
1/4"	337.5	2.8	54.2	45.79
N4	113.5	0.9	55.2	44.85
N8	535.6	4.5	59.6	40.38
N16	1321.4	11.0	70.6	29.37
N30	1531.0	12.8	83.4	16.61
N50	1245.7	10.4	93.8	6.23
N100	593.8	4.9	98.7	1.28
N200	154.1	1.3	100	0.00

Modulo de Fineza  
MF= 5.37

Porcentaje de Participación del agregado  
AF= 49 %  
AG= 51 %

Fuente del Huso:  
INDECOPI<sup>11</sup>

Gráfico 3.3 Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=49% y AG=51%



Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret.Acum	%Pasa
1"	834.6	7.0	7.0	93.05
3/4"	2154.2	18.0	24.9	75.09
1/2"	2461.1	20.5	45.4	54.58
3/8"	831.0	6.9	52.3	47.66
1/4"	344.0	2.9	55.2	44.79
N4	111.2	0.9	56.1	43.87
N8	524.5	4.4	60.5	39.50
N16	1294.0	10.8	71.3	28.71
N30	1499.3	12.5	83.8	16.22
N50	1219.9	10.2	93.9	6.05
N100	581.5	4.8	98.8	1.21
N200	144.7	1.2	100	0.00

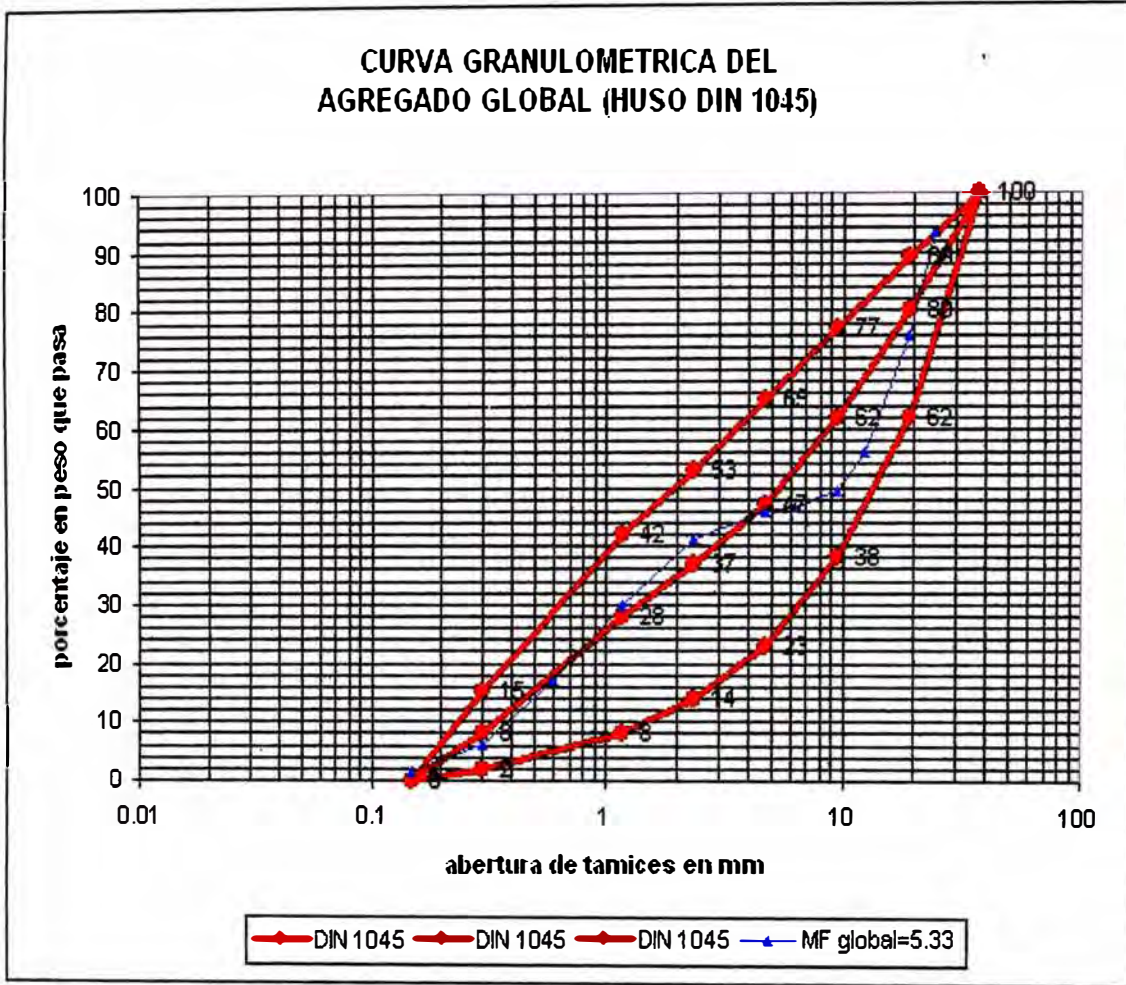
Modulo de Fineza  
MF= 5.42

Porcentaje de Participación del agregado  
AF= 48 %  
AG= 52 %

Fuente del Huso:  
<http://www.p2pays.org/><sup>15</sup>

Gráfico 3.4 Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=48% y AG=52%

**CURVA GRANULOMETRICA DEL  
AGREGADO GLOBAL (HUSO DIN 1045)**



Malla	Peso Ret.	%Ret	%Ret Acum	%Pasa
1"	814.2	6.8	6.8	93.21
3/4"	2072.1	17.3	24.1	75.95
1/2"	2367.4	19.7	43.8	56.22
3/8"	799.3	6.7	50.4	49.56
1/4"	330.9	2.8	53.2	46.80
N4	115.9	1.0	54.2	45.83
N8	546.7	4.6	58.7	41.28
N16	1349.0	11.2	70.0	30.04
N30	1562.9	13.0	83.0	17.01
N50	1271.8	10.6	93.6	6.41
N100	606.2	5.1	98.6	1.36
N200	163.5	1.4	100	0.00

Modulo de Fineza  
MF= **5.33**

Porcentaje de Participación del agregado  
AF= **50** %  
AG= **50** %

Fuente del Huso:

Tesis: Efectos del aditivo retardante plastificante sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia (1999)

Autor: Francisco Ccama Larico <sup>10</sup>

Gráfico 3.5 Curva granulométrica con porcentaje de participación AF=50% y AG=50

De los cuadros anteriores se elige el porcentaje de participación de los agregados con AF=50% y AG=50% por que dicha curva presenta continuidad y esta alejado de los limites superior e inferior del huso.

c. Modulo de Fineza

Norma utilizada: NTP 400.012

Se sigue los pasos de la norma en mención. Se calcula de la siguiente manera:

$\Sigma$  % retenido acumulado (3/4", 3/8", N°4 , N°8, N° 16, N°30, N°50, N°100)

$$\text{M.F.} = \frac{\quad}{100}$$

Para la muestra 1:

AF=48%, AG=52%

$$(24.91+52.34+56.13+60.51+71.29+83.78+93.95+98.79)$$

$$\text{M.F. (1)} = \frac{\quad}{100}$$

$$\text{M.F. (1)} = 5.42$$

Para la muestra 2:

AF=49%, AG=51%

$$(24.48+51.40+55.15+59.62+70.63+83.39+93.77+98.72)$$

$$\text{M.F. (2)} = \frac{\quad}{100}$$

$$\text{M.F. (2)} = 5.37$$

Para la muestra 3:

AF=50%, AG=50%

$$(24.05+50.44+54.17+58.72+69.96+82.99+93.59+98.64)$$

$$\text{M.F. (3)} = \frac{\quad}{100}$$

$$\text{M.F. (3)} = 5.33$$

### 3.1.6. Resumen de las propiedades físicas de los agregados

PROPIEDAD	A. FINO	A. GRUESO	A. GLOBAL ELEGIDO
P.U. SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1695.6	1410.8	5.33
P.U. COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	1871.3	1597.3	
MODULO DE FINEZA	2.82	7.36	
TAMAÑO MÁXIMO	-	1½"	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	1"	
PESO ESPECÍFICO DE MASA (kg/m <sup>3</sup> )	2483.0	2655.8	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SSS (kg/m <sup>3</sup> )	2544.5	2667.2	
PESO ESPECÍFICO APARENTE (kg/m <sup>3</sup> )	2645.9	2686.5	
ABSORCIÓN (%)	2.480	0.431	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.806	0.251	

Cuadro 3.14 Resumen de la propiedades físicas de los agregados

### 3.2. AGUA DE MEZCLADO Y CURADO

Según la N.T.P. 339.088:

Se permitirá el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto sin ensayarla para evaluar su conformidad con los requisitos de esta NTP.

#### REQUISITOS Y ENSAYOS

Para fuentes de agua de mezcla no potable propuestas para su uso como agua de mezcla total o en el agua de mezcla combinada, se aplicará lo siguiente al agua de mezcla combinada total:

El agua será ensayada en conformidad con la Tabla 3.3 antes del primer uso y a partir de entonces cada tres meses o con mayor frecuencia cuando haya razón para creer que ha ocurrido un cambio en las características de la fuente. Cuando los resultados de cuatro ensayos consecutivos indican conformidad con la Tabla 3.3, se permitirá ensayar con una frecuencia menor, pero no menor que anualmente.

El productor mantendrá evidencia documentada de que las características del agua de mezcla combinada están en conformidad con la Tabla 3.4. Estos

ensayos deberán ser llevados a cabo antes del primer uso y a partir de entonces cada seis meses o con mayor frecuencia cuando haya razón para creer que ha ocurrido un cambio en las características de la fuente. Estos registros serán proporcionados a solicitud del comprador.

Para fuentes de agua de las operaciones de producción de concreto propuestas para su uso como agua de mezcla total o en el agua de mezcla combinada, se aplicará lo siguiente al agua de mezcla combinada total:

La densidad de la fuente de agua del concreto premezclado será ensayada por lo menos diariamente en conformidad con la norma ASTM C 1603 o monitoreada con un hidrómetro que ha sido verificado en conformidad con la norma ASTM C 1603. Los productores que utilicen dispositivos automatizados deberán mantener en la planta de producción la documentación de los procedimientos y la calibración de los sistemas, según sea necesario (Véase Nota 1).

NOTA 1: Para alcanzar un contenido de sólidos específico, las proporciones de mezcla de las fuentes de agua pueden ser determinadas en conformidad con el Anexo de la norma ASTM C 1603.

El agua combinada será ensayada en conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3 al más alto contenido de sólidos previsto para ser utilizada durante la producción en conformidad con las siguientes frecuencias de ensayo:

Cuando la densidad del agua combinada es menor que 1,01 g/mL, el agua deberá ser ensayada antes del primer uso y a partir de entonces cada seis meses. Se permitirá reducir la frecuencia de ensayo una vez cada doce meses cuando los resultados de dos ensayos consecutivos indican conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3 (Véase Nota 2).

NOTA 2: Esta condición tiene la intención de abarcar el uso de agua de lavado clarificada que ha sido pasada a través de un sistema de pozas de decantación.

Cuando la densidad del agua combinada está entre 1,01 y 1,03, el agua será ensayada antes del primer uso y a partir de entonces mensualmente. Se

permitirá que la frecuencia de ensayo sea reducida una vez cada tres meses cuando los resultados de cuatro ensayos consecutivos indican conformidad con los requisitos de la Tabla 1 (Véase Nota 3).

NOTA 3: La densidad del agua de aproximadamente 1,03 representa un contenido de sólidos totales de 50 000 ppm.

(1) Cuando la densidad del agua combinada excede a 1,03, el agua será ensayada semanalmente o con mayor frecuencia cuando haya razón para creer que ha ocurrido un cambio en las características del agua para su conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3. Se permitirá que la frecuencia de ensayo sea reducida una vez cada mes cuando los resultados de dos meses de ensayos consecutivos indican conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3.

Los ensayos para el agua con densidad mayor a 1,05 deberán ser los mismos a los indicados en el apartado (1), sea que el agua incluya o no aditivos estabilizadores de hidratación (Véase Nota 4).

NOTA 4: La densidad del agua que excede aproximadamente a 1,05, donde los sólidos están esencialmente compuestos de materiales cementosos, podría requerir el uso de aditivos estabilizadores de hidratación para mantener su conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3. El productor debería tener un proceso documentado en el lugar para verificar la efectividad de los aditivos y las dosis empleadas.

El productor mantendrá documentación de las características del agua en conformidad con los requisitos de la Tabla 3.4, además del requisito de sólidos totales. Estos requisitos se aplicaran al agua combinada al más alto contenido de sólidos previstos para su uso. Estos ensayos deberán ser realizados antes del primer uso y desde entonces cada seis meses. Estos registros serán proporcionados a solicitud del comprador (Véase Nota 5).

Los ensayos del concreto para verificar su conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3 serán realizados en muestras de concreto obtenidas de las tandas de producción o en tandas de laboratorio en conformidad con la NTP 339.183

(Véase Nota 5).

NOTA 5: El muestreo del agua combinada total en su forma final, tanto de la planta de dosificación o de la unidad de transporte, es poco viable. Por lo tanto, para el propósito de ensayo para su conformidad con los requisitos de la Tabla 3.3 y Tabla 3.4, es aceptable muestrear, proporcionar y combinar las fuentes individuales de agua para obtener una muestra de ensayo que sea representativa del agua de mezcla combinada real utilizada en la producción.

Para el curado se siguió el procedimiento de la norma NTP 339.183

ENSAYO	LÍMITES	MÉTODOS DE ENSAYO
Resistencia a compresión, mínimo, % del control a 7 días	90	NTP 339.033 NTP 339.034
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	NTP 339.082

Tabla 3.3 Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla <sup>11</sup>

	LÍMITE	MÉTODOS DE ENSAYO
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm		
A. Cloruro como Cl <sup>-</sup> , (ppm)		
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500	NTP 339.076
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1 000	NTP 339.076
B. Sulfatos como SO <sub>4</sub> , (ppm)	3000	NTP 339.074
C. Álcalis como (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O), (ppm)	600	ASTM C 114
D. Sólidos totales por masa, (ppm)	50 000	ASTM C 1603

Tabla 3.4 Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada

### 3.2.1. Características del agua empleada

El agua empleada para la fabricación de concreto y para el curado, fue la



distribuida por el servicio de agua potable que abastece al Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM – UNI).

### 3.3. ADITIVO PARA EL CONCRETO

Es un material que no siendo Agua, Agregado, Cemento o Refuerzo con Fibra, es empleado como un ingrediente del concreto o mortero y es añadido inmediatamente, antes o durante el mezclado.

#### 3.3.1. Clasificación de aditivos

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

TIPO A: Reductores de agua.

TIPO B: Retardadores de fragua.

TIPO C: Acelerantes.

**TIPO D: REDUCTORES DE AGUA-RETARDADORES DE FRAGUA.**

TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.

TIPO F: Super Reductores de agua.

TIPO G: Super Reductores de agua - acelerantes.

#### 3.3.2. Normalización de los aditivos

En las normas ASTM C494 y NTP 334.088 se establecen requisitos para el aditivo utilizado en la tesis. La tabla 3.5 muestra los requisitos de los aditivos tipo D.

#### 3.3.3. Mecanismo de acción

Como plastificante: Los efectos principales que se derivan de la incorporación de algún componente tensoactivo son por una parte la ionización de los filamentos del aditivo que produce la separación de los granos de cemento entre sí, conduciendo a una efectiva desfloculización, y, por otra parte, las moléculas de aditivo son absorbidas y se orientan en la superficie de los granos de cemento en un espesor de varias moléculas, de lo que resulta una lubricación de

las partículas. Para entender mejor el funcionamiento de estos aditivos se hace preciso recordar el comportamiento agua-cemento en el proceso de mezclado y fraguado del hormigón. Como sabemos, primero se forma la pasta aglutinante producto de la lubricación de las partículas de cemento y de árido tras la adsorción del agua, y luego esta pasta se vuelve cementante producto de la reacción química que se lleva a cabo entre ambas al iniciarse el fraguado.

En la primera de estas etapas es cuando se produce la mezcla de los componentes y las primeras reacciones electroquímicas entre agua y cemento, apareciendo las características del hormigón fresco como trabajabilidad, docilidad, consistencia, etc.

Estas características están gobernadas principalmente por las reacciones electroquímicas producidas entre las moléculas de agua y los granos de cemento, los que poseen un gran número de iones en disolución en su superficie. Estos iones tienden a formar, debido a una afinidad electrostática, flóculos o capas de solvatación al entrar en contacto con el agua durante la operación de amasado. Dichos flóculos ejercen dos efectos nocivos en la masa de hormigón.

Como retardante: Cuando los componentes del cemento (silicato y aluminato tricálcico) se combinan con el agua, se da inicio a la hidratación. Los hidratos y la cal formados se unen entre sí formando una masa dura por floculación y endurecimiento. Los iones Calcio, se fijan sobre la superficie de las partículas de cemento, formando una barrera protectora que detiene o controla la velocidad de hidratación. Con el tiempo se disipa la barrera protectora, permitiendo que continúe el proceso de hidratación normal del cemento.

Impiden la dispersión uniforme de las partículas de cemento en la masa de hormigón.

Retienen cierta cantidad de agua en el interior de su masa que incide negativamente en la porosidad final del material por no ser utilizable para lubricar la masa ni para la lubricación de los granos de cemento.

REQUISITO FÍSICO	TIPO D REDUCTOR DE AGUA Y RETARDADOR
Contenido de agua, % del control	95
Tiempo de fraguado del hormigón (concreto) desviación permisible respecto al control horas-minutos	
Fraguado inicial: por lo menos	1:00 después
no más de	3:30 después
Fraguado final: por lo menos	---
no más de	3:30 después
Resistencia a la compresión mínima, % con respecto al control	
1 d	---
3 d	110
7 d	110
28 d	110
6 meses	100
1 año	100
Resistencia a la flexión, mínima % con respecto al control	
3d	100
7d	100
28d	100
Cambio de longitud, máxima contracción (requisitos alternativos)	
Porcentaje del control	135 %
Aumento con respecto al control	0,010
Factor de durabilidad relativa, mínima	80

Tabla 3.5 Requisitos físicos de los aditivos Tipo D.

## Características del aditivo a usar en la fabricación de concreto <sup>9</sup>

El aditivo a usar es del tipo D (Reductor de Agua y Retardador de fragua) llamado Rentrplast de la marca Chema, el fabricante menciona las siguientes características:

### a. Descripción

Es un aditivo líquido color marrón, que permite plastificar o reducir el agua de mezclado produciendo también incorporación de aire y un retardo controlado de la fragua del concreto.

### b. Propiedades

Aumenta la trabajabilidad y retarda la fragua inicial dando mayor tiempo para la colocación y acabado del concreto. Mejora las características del concreto especialmente las resistencias mecánicas, hielo deshielo y de impermeabilidad haciendo el concreto más durable.

### c. Úsos

Para vaciados en climas cálidos.

Vaciados en ambientes agresivos y marítimos.

Concreto bombeado.

Muros y pavimentos con encofrados deslizantes.

### d. Aplicación y dosificación

Diluir el Chema Rentrplast en el agua de mezclado.

Dosis promedio:

Temperatura ambiente	Dosificación
Debajo de 18 °C	60 cc x bolsa de cemento
Entre 18° y 30 °C	80 cc x bolsa de cemento
Encima de 30 °C	100 cc x bolsa de cemento

Para obras de gran magnitud se recomienda realizar pruebas el lugar de la obra para determinar las dosis mas adecuadas.

### e. Características Físico Químicas

Densidad : 1.1 kg/lt.  
Ph : 8.  
Color : Marrón.  
Aspecto : Líquido.  
Solubilidad : Agua.

f. Almacenamiento:

Mínimo un año en su envase original en un lugar fresco y ventilado.

## CAPITULO 4

### PROPIEDADES DEL CONCRETO <sup>1</sup>

#### 4.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua y en algunos casos aditivos, une a los agregados (arena y piedra), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

#### COMPOSICION DEL CONCRETO EN VOLUMEN

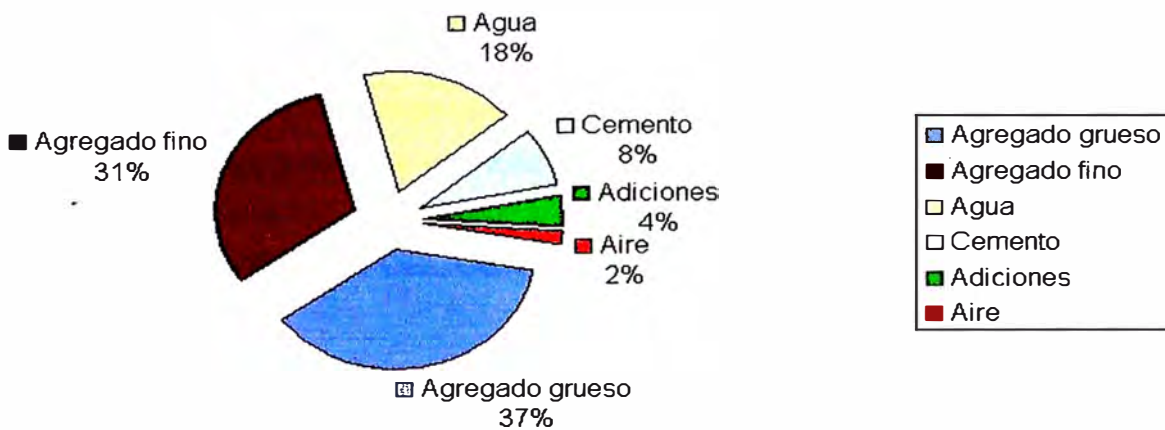


Figura 4.1 Composición del concreto en volumen

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre

partículas de agregado.

El concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja. Por lo tanto, es muy difícil construir modelos exactos de la misma que permitan predecir con seguridad el comportamiento del material. Sin embargo un conocimiento de la estructura y las propiedades de los componentes individuales del concreto y de las relaciones de unos con otros, es útil para ejercer algún tipo de control en las propiedades del material.

#### **4.2. REQUISITOS DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO**

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del uso que se va a dar a la estructura y/o especificaciones de los planos.

#### **4.3. COMPONENTES DEL CONCRETO**

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

La pasta esta compuesta de Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El contenido de aire y concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado esta completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas

de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la calidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en la relación con la cantidad de Cemento. A continuación se presentan algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agregamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto - a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, a un las mezclas más rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

#### 4.4. CLASIFICACION DEL CONCRETO

Por el peso específico:

- Ligero, su Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m<sup>3</sup>.
- Normal, su Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pesado, su Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m<sup>3</sup>.

Según su aplicación:

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.



Por su composición:

- Ordinario.
- Ciclópeo: con agregados de 50 cm.
- Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.
- Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6%.
- Ligero: agregados de densidad muy grande.
- Pesado: agregados de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

#### 4.5. DISEÑO DE MEZCLAS <sup>17</sup>

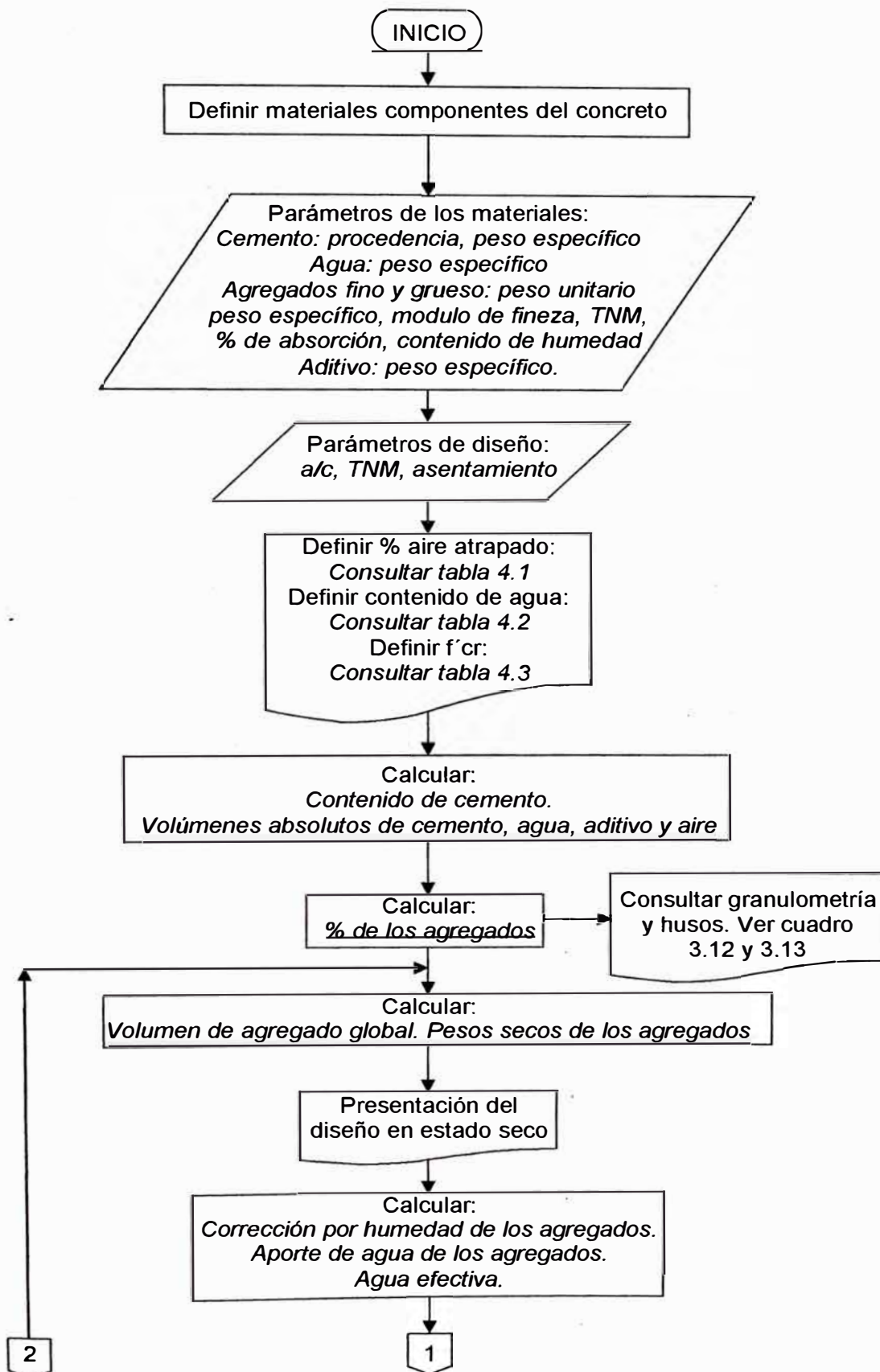
Proporcionar o diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que hay que emplear en la mezcla para obtener un concreto adecuado para un uso determinado. El proporcionamiento puede ser: Puramente empírico (proporciones arbitrarias) basado en observación y cierta experiencia (no es adecuado). Puede estar basado en consideraciones puramente teóricas (método de proporcionamiento basado en relaciones vacíos-cemento o vacíos morteros) (no es adecuado). Método empírico directo respaldado por principios y consideraciones técnicas (método recomendado en la actualidad). Este último método, consiste en proporcionar y hacer mezclas de prueba, basadas en un control de la relación agua-cemento y tomando en cuenta los factores que afectan al concreto resultante (cemento, granulometría y propiedades del agregado, etc.). Las propiedades del concreto se comprueban prácticamente y pueden hacerse después de los ajustes necesarios para obtener las mezclas de proporciones adecuadas que de la calidad deseada.

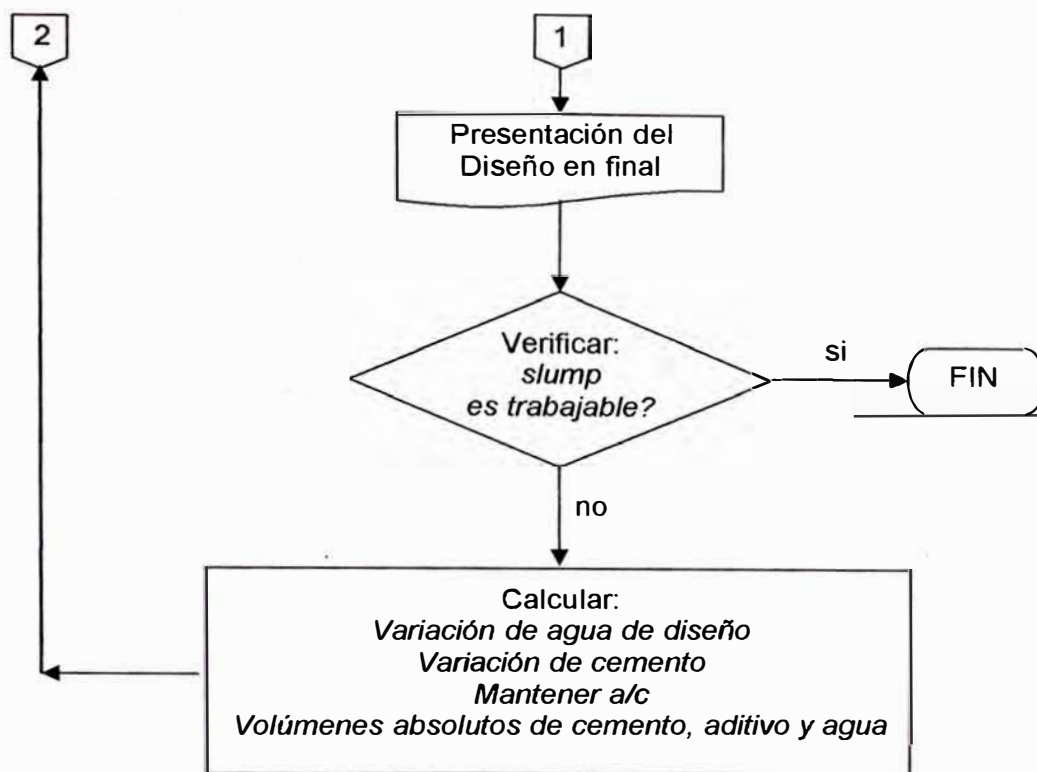
Antes de dosificar una mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Los materiales.
- El elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

### 4.5.1. Diagrama de flujo del diseño de mezclas:

#### Método del Agregado global





#### 4.5.2. Secuencia de diseño.

##### i.- Diseño de Mezcla usando Cemento QUISQUEYA

Se mostrará el procedimiento completo usando el Cemento Quisqueya, posteriormente se hará un resumen con el Cemento Sol. Luego se tiene:

<b>Cemento</b>		
Marca y tipo	Sol	Quisqueya
Procedencia	Cementos Lima	Cemex
Peso específico gr/cm <sup>3</sup>	3.14	3.15
<b>Agua</b>		
Agua potable de la red pública que abastece al Laboratorio de Ensayo de Materiales		
Peso específico kg/m <sup>3</sup>	1000	
<b>Agregados</b>		
	Fino	Grueso
Cantera	Trapiche	La Gloria
Peso Unitario Suelto kg/m <sup>3</sup>	1695.6	1410.8
Peso Unitario Compactado kg/m <sup>3</sup>	1871.3	1597.3

Peso Especifico Seco kg/m <sup>3</sup>	2483.0	2655.8
Modulo de Fineza	2.82	7.36
TNM	-	1"
% de absorción	2.48	0.431
Contenido de humedad %	0.806	0.251
<b>Aditivo</b>		
Peso Especifico kg/lit	1.10	

Cuadro 4.1 Características de los materiales para el diseño de mezcla

Fuente de datos de los cementos: *Guía práctica del cemento*<sup>7</sup> (Cementos Lima);  
*Hoja técnica del cemento (CEMEX)*<sup>8</sup>

a. Tamaño Nominal Máximo

Según el cuadro 4.1 (capítulo 3) TMN = 1"

b. Asentamiento

El concreto será trabajable y de consistencia plástica 3" a 4".

c. Contenido de aire total

De la tabla 4.1 se tiene: Contenido de aire total = 1.5%

d. Contenido de Agua

De la tabla 4.2 tenemos: Contenido de agua = 193 lt

e. Relación a/c

Las relaciones a/c a usar para los diseños de mezcla son 0.45, 0.55 y 0.60, se mostrará el procedimiento completo para a/c = 0.45 y un resumen para los diseños 0.55 y 0.60.

Luego: a/c = 0.45

f. Determinar  $f'_{cr}$

Según la tabla 4.3 y los datos anteriores  $f'_{cr} = 380 \text{ kg/cm}^2$ .

g. Contenido de Cemento

Se calcula dividiendo (e)/(f), luego tenemos: Contenido de cemento = 428.9 kg

h. Cálculo de la suma de volúmenes absolutos de todos los materiales

Material	Peso Seco	Peso Específico	Volumen
Cemento (kg)	428.9	3150	0.136
Agua (lt)	193	1000	0.193
Aire (%)	1.5%		0.015
			0.344

Cuadro 4.2 Volúmenes absolutos del cemento, agua y aire para el diseño de mezcla

Volumen del agregado global =  $1 - (h) = 1 - 0.344 = 0.656 \text{ m}^3$

i. Cálculo del porcentaje de agregados

Ya se vio en el Capítulo 3 que la mejor combinación de agregados corresponde a un porcentaje de participación del agregado fino de 50% y agregado grueso de 50%. Luego:

% de agregado fino = 50%

% de agregado grueso = 50%

j. Cálculo de los pesos secos de los agregados

Para el agregado fino:

Volumen del AF:  $(h) \times (i) = 0.656 \times 50\% = 0.328 \text{ m}^3$

Peso Seco AF:  $0.328 \times 2483.0 = 814.2 \text{ kg}$

Para el agregado grueso:

$$\text{Volumen del AG: } (h) \times (i) = 0.656 \times 50\% = 0.328 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Seco AG: } 0.328 \times 2655.8 = 870.9 \text{ kg}$$

k. Presentación del diseño en estado seco

MATERIAL	PESO SECO / m <sup>3</sup>
Cemento	428.89 kg
Agua	193 lt
Agregado grueso	870.9 kg
Agregado fino	814.2 kg
Aire	1.5%
Total	2307.0 kg

Cuadro 4.3 Pesos secos de los materiales para el diseño de mezcla

l. Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = 814.2 \times (1+0.806/100) = 820.80 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 870.9 \times (1+0.251/100) = 873.10 \text{ kg.}$$

m. Aporte del agua de los agregados

$$\text{Agregado fino} = 814.2 \times (0.806-2.480)/100 = -13.6 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado grueso} = 870.9 \times (0.251-0.431)/100 = -1.6 \text{ lt.}$$

$$\text{Luego el aporte de humedad de los agregados será} = - (13.6+1.6) = - 15.2 \text{ lt}$$

Los agregados absorben agua.

n. Cálculo de agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = 193.00 - (- 15.2) = 208.2 \text{ lt.}$$

o. Presentación del diseño en obra por m<sup>3</sup> de concreto

MATERIAL	PESO HUMEDO / m <sup>3</sup>
Cemento	428.9 kg
Agua	208.2 lt
Agregado grueso	873.1 kg
Agregado fino	820.8 kg
Aire	1.5%
Total	2331.0 kg

Cuadro 4.4 Pesos en obra de los materiales para el diseño de mezcla

Para el diseño una tanda de **54 kg**. se obtiene en forma proporcional la cantidad de materiales.

Para ello se tomaran en cuenta los pesos de los materiales en estado húmedo, así como el valor del Peso Unitario Nominal (**PUN**) del concreto (suma de pesos húmedos), que en este caso es de 2331.0 kg.

MATERIAL	PESO HUMEDO / tanda
Cemento = $428.89 \times 54/PUN$	9.94 kg.
Agua = $208.2 \times 54/PUN$	4.82 lt
Agregado grueso = $873.1 \times 54/PUN$	20.23 kg
Agregado fino = $820.8 \times 54/PUN$	19.01 kg
Aire	1.5%
Total	54.00 kg

Cuadro 4.5 Pesos para una tanda de 54 kg

Al realizar el ensayo de “slump” con este diseño, se obtuvo un revenimiento de 0 cm, por lo que se tuvieron que modificar las cantidades de los materiales para mezcla, volviendo a realizar los cálculos, y siempre buscando un revenimiento entre 3” a 4” (7.60 cm a 10.15 cm). Finalmente se obtuvo:

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA – a/c=0.45</b>					
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
<b>ENSAYO 1</b> SLUMP = 0 cm	Cemento	kg	428.9	42.5	<b>9.94</b>
	A. Fino	kg	820.8	81.3	<b>19.01</b>
	A. Grueso	kg	873.1	86.5	<b>20.23</b>
	Agua	lt	208.2	20.6	<b>4.823</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
	%piedra	50			
<b>ENSAYO 2</b> SLUMP = 2.2 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	455.6	42.5	<b>10.62</b>
	A. Fino	kg	795.2	74.2	<b>18.54</b>
	A. Grueso	kg	845.8	78.9	<b>19.72</b>
	Agua	lt	219.7	20.5	<b>5.122</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
<b>ENSAYO 3</b> SLUMP = 3.8 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	488.9	42.5	<b>11.49</b>
	A. Fino	kg	763.2	66.3	<b>17.93</b>
	A. Grueso	kg	811.8	70.6	<b>19.08</b>
	Agua	lt	234.1	20.4	<b>5.502</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
<b>ENSAYO 4</b> SLUMP = 8.6 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	511.1	42.5	<b>12.07</b>
	A. Fino	kg	741.8	61.7	<b>17.53</b>
	A. Grueso	kg	789.1	65.6	<b>18.64</b>
	Agua	lt	243.7	20.3	<b>5.758</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
%piedra	50				

Cuadro 4.6 Ensayos para la obtención de consistencia plástica usando Cemento Quisqueya.

Luego: el agua de diseño para esta mezcla es 243.7 lt/m<sup>3</sup> y slump = 8.60 cm.

Análogamente repetimos el procedimiento para a/c = 0.55, a/c = 0.60 y se



consolidó el siguiente cuadro:

<b>DISEÑO PATRÓN DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA</b>					
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
<b>a/c</b> <b>0.45</b> SLUMP = 8.6 cm	Cemento	kg	511.1	42.5	<b>12.07</b>
	A. Fino	kg	741.8	61.7	<b>17.53</b>
	A. Grueso	kg	789.1	65.6	<b>18.64</b>
	Agua	lt	243.7	20.3	<b>5.758</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=230
	%piedra	50			
<b>a/c</b> <b>0.55</b> SLUMP = 8.0 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	390.9	42.5	<b>9.22</b>
	A. Fino	kg	808.4	87.9	<b>19.07</b>
	A. Grueso	kg	859.8	93.5	<b>20.28</b>
	Agua	L	230.0	25.0	<b>5.425</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.55			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=215
%piedra	50				
<b>a/c</b> <b>0.60</b> SLUMP = 8.5 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	341.7	42.5	<b>8.03</b>
	A. Fino	kg	840.4	104.5	<b>19.76</b>
	A. Grueso	kg	894.0	111.2	<b>21.02</b>
	Agua	L	220.6	27.4	<b>5.186</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.6			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=205
%piedra	50				

Cuadro 4.7 Diseños de mezcla usando Cemento Quisqueya para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.

## ii.- Diseño de Mezcla usando Cemento SOL

Se repite el mismo procedimiento usado para el cemento Quisqueya pero esta vez, usando **Cemento Sol**, teniendo en cuenta que tiene un peso específico de 3.14 gr/cm<sup>3</sup>.

Se tiene:

<b>DISEÑO PATRÓN DE MEZCLA CON CEMENTO SOL</b>					
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
<b>a/c</b> <b>0.45</b> SLUMP = 8.0 cm	Cemento	kg	511.1	42.5	<b>12.08</b>
	A. Fino	kg	741.2	61.6	<b>17.52</b>
	A. Grueso	kg	788.4	65.6	<b>18.64</b>
	Agua	L	243.7	20.3	<b>5.761</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=230
	%piedra	50			
<b>a/c</b> <b>0.55</b> SLUMP = 8.2 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	390.9	42.5	<b>9.23</b>
	A. Fino	kg	807.9	87.8	<b>19.07</b>
	A. Grueso	kg	859.3	93.4	<b>20.28</b>
	Agua	L	230.0	25.0	<b>5.427</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.55			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=215
%piedra	50				
<b>a/c</b> <b>0.60</b> SLUMP = 9.1 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	341.7	42.5	<b>8.04</b>
	A. Fino	kg	840.0	104.5	<b>19.76</b>
	A. Grueso	kg	893.5	111.1	<b>21.02</b>
	Agua	L	220.6	27.4	<b>5.188</b>
	Aditivo	0	%		<b>0.000</b>
	a/c	0.6			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=205
%piedra	50				

Cuadro 4.8 Diseños de mezcla usando Cemento SOL para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.

### iii.- Diseño de Mezcla usando Cemento QUISQUEYA con ADITIVO

El Aditivo a usar es Chema Rentrampplast (plastificante/retardante de fragua) en dosis de 0.35% del peso de cemento, el peso específico del aditivo es 1.1 kg/lt por lo que se procede a calcular el volumen de aditivo en la mezcla de diseño.

Partiendo del diseño patrón usando cemento Quisqueya y a/c = 0.45, se tiene:

$$\text{Peso del aditivo} = 0.35\% \times \text{Peso de cemento} = 0.0035 \times 12.07 = 0.04225 \text{ kg.}$$

$$\text{Volumen de Aditivo} = \text{Peso Aditivo} / \text{P.E. Aditivo} = 0.04225 / 1.1 = \mathbf{0.0384 \text{ It.}}$$

Se añade este volumen de aditivo a la mezcla patrón y se obtiene un revenimiento de 13 cm, por lo que se modifica la cantidad de agua y materiales, finalmente se obtuvo los siguientes resultados:

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA + 0.35% DE ADITIVO</b>					
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
<b>ENSAYO 1</b> SLUMP = 13.0 cm	Cemento	kg	511.1	42.5	<b>12.07</b>
	A. Fino	kg	741.8	61.7	<b>17.53</b>
	A. Grueso	kg	789.1	65.6	<b>18.64</b>
	Agua	L	243.7	20.3	<b>5.720</b>
	Aditivo	0.35	%		<b>0.0384</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
	%piedra	50			
<b>ENSAYO 2</b> SLUMP = 9.6 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	488.9	42.5	<b>11.49</b>
	A. Fino	kg	763.2	66.3	<b>17.93</b>
	A. Grueso	kg	811.8	70.6	<b>19.08</b>
	Agua	L	234.1	20.4	<b>5.465</b>
	Aditivo	0.35	%		<b>0.0366</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50			
%piedra	50				

Cuadro 4.9 Ensayos para la obtención de consistencia plástica usando Cemento Quisqueya + 0.35% de Aditivo.

Luego: el agua de diseño para esta mezcla es 234.1 lt/m<sup>3</sup> y slump = 9.60 cm.

Análogamente se repite el procedimiento para a/c = 0.55, a/c = 0.60 y se consolidó el siguiente cuadro:

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA + 0.35% DE ADITIVO</b>					
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
<b>a/c</b> <b>0.45</b> SLUMP = 9.6 cm	Cemento	kg	488.9	42.5	<b>11.49</b>
	A. Fino	kg	763.2	66.3	<b>17.93</b>
	A. Grueso	kg	811.8	70.6	<b>19.08</b>
	Agua	L	234.1	20.4	<b>5.465</b>
	Aditivo	0.35	%		<b>0.0366</b>
	a/c	0.45			
	%arena	50		agua de diseño (lt)	=220
	%piedra	50			
<b>a/c</b> <b>0.55</b> SLUMP = 10.6 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	381.8	42.5	<b>8.98</b>
	A. Fino	kg	818.2	91.1	<b>19.25</b>
	A. Grueso	kg	870.3	96.9	<b>20.47</b>
	Agua	L	225.2	25.1	<b>5.268</b>
	Aditivo	0.35	%		<b>0.0286</b>
	a/c	0.55			
%arena	50		agua de diseño (lt)	=210	
	%piedra	50			
<b>a/c</b> <b>0.60</b> SLUMP = 11.0 cm	<b>MATERIAL</b>	<b>UNID</b>	<b>x 1m3</b>	<b>x BOLSA</b>	<b>x TANDA</b>
	Cemento	kg	333.3	42.5	<b>7.82</b>
	A. Fino	kg	850.0	108.4	<b>19.93</b>
	A. Grueso	kg	904.1	115.3	<b>21.20</b>
	Agua	L	215.7	27.5	<b>5.033</b>
	Aditivo	0.35	%		<b>0.0249</b>
	a/c	0.6			
%arena	50		agua de diseño (lt)	=200	
	%piedra	50			

Cuadro 4.10 Diseños de mezcla usando Cemento QUISQUEYA + 0.35% de aditivo para diferentes a/c y una tanda de 54 kg.

A continuación se presenta el resumen de los diseños de mezcla a emplear:

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA						DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO SOL						DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO QUISQUEYA + 0.35% DE ADITIVO					
a/c																	
	MATERIAL	UNID	x 1m3	x BOLSA	x TANDA	MATERIAL	UNID	x 1m3	x BOLSA	x TANDA	MATERIAL	UNID	x 1m3	x BOLSA	x TANDA		
0.45	Cemento	kg	511.1	42.5	12.07	Cemento	kg	511.1	42.5	12.08	Cemento	kg	488.9	42.5	11.49		
	A. Fino	kg	741.8	61.7	17.53	A. Fino	kg	741.2	61.6	17.52	A. Fino	kg	763.2	66.3	17.93		
	A. Grueso	kg	789.1	65.6	18.64	A. Grueso	kg	788.4	65.6	18.64	A. Grueso	kg	811.8	70.6	19.08		
	Agua	L	243.7	20.3	5.720	Agua	L	243.7	20.3	5.723	Agua	L	234.1	20.4	5.465		
	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.35	%		0.0366		
	%arena	50		agua de	=230	%arena	50		agua de	=230	%arena	50		agua de	=220		
	%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño			
0.55	Cemento	kg	390.9	42.5	9.22	Cemento	kg	390.9	42.5	9.23	Cemento	kg	381.8	42.5	8.98		
	A. Fino	kg	808.4	87.9	19.07	A. Fino	kg	807.9	87.8	19.07	A. Fino	kg	818.2	91.1	19.25		
	A. Grueso	kg	859.8	93.5	20.28	A. Grueso	kg	859.3	93.4	20.28	A. Grueso	kg	870.3	96.9	20.47		
	Agua	L	230.0	25.0	5.396	Agua	L	230.0	25.0	5.398	Agua	L	225.2	25.1	5.268		
	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.35	%		0.0286		
	%arena	50		agua de	=215	%arena	50		agua de	=215	%arena	50		agua de	=210		
	%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño			
0.6	Cemento	kg	341.7	42.5	8.03	Cemento	kg	341.7	42.5	8.04	Cemento	kg	333.3	42.5	7.82		
	A. Fino	kg	840.4	104.5	19.76	A. Fino	kg	840.0	104.5	19.76	A. Fino	kg	850.0	108.4	19.93		
	A. Grueso	kg	894.0	111.2	21.02	A. Grueso	kg	893.5	111.1	21.02	A. Grueso	kg	904.1	115.3	21.20		
	Agua	L	220.6	27.4	5.160	Agua	L	220.6	27.4	5.162	Agua	L	215.7	27.5	5.033		
	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.00	%		0.000	Aditivo	0.35	%		0.0249		
	%arena	50		agua de	=205	%arena	50		agua de	=205	%arena	50		agua de	=200		
	%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño		%piedra	50		diseño			

Cuadro 4.11 Resumen de diseños de mezcla para tandas de 54 kg.

### 4.5.3. Tablas empleadas

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Nominal Máximo	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
<b>1"</b>	<b>1.50%</b>
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Tabla 4.1 Contenido de aire atrapado. Fuente: ACI 211<sup>2</sup>

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

Tabla 4.2 Cantidad de agua requerida para el diseño de mezcla. Fuente ACI 211<sup>2</sup>

f'cr kg/cm <sup>2</sup>	RELACION AGUA/CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Tabla 4.3 f'cr aproximado para cada relación a/c especificada. Fuente ACI 211<sup>2</sup>

## 4.6. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento.

El Comportamiento del concreto fresco depende de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- mezclado.
- Temperatura.

### a. La Trabajabilidad

Normas utilizadas: NTP 339.035/339.114 - ASTM C143/C94

La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. La exudación es la migración de el agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos - Cemento, arena y piedra dentro de la masa. El asentamiento es consecuencia del efecto combinado del la vibración y de la gravedad.

Una exudación excesiva aumenta la relación Agua - Cemento cerca de la superficie superior, pudiendo dar como resultado una capa superior débil de baja durabilidad, particularmente si se lleva acabo las operaciones de acabado mientras esta presente el agua de sangrado. Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y exudar, es importante transportar y colocar cada carga lo más cerca posible de su posición final. El aire incluido mejor a la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y exudar.

Los revenimientos recomendados se muestran en la tabla 4.4. El ensayo se sigue de acuerdo a las normas mencionadas y se obtuvo los siguientes resultados:



**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**

Normas ensayadas: NTP 339.035/339.114 - ASTM C143/C94

TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN a/c	PESO X TANDA DE 48KG			VOLUMEN		PESO TOTAL MATERIALES	SLUMP	RANGO PLASTICO	TOLERANCIA ASTM C94
		CEMENTO	PIEDRA	ARENA	DE AGUA	ADITIVO				
		kg	kg	kg	litros	litros	kg	cm	cm	cm
QUISQUEYA TIPO I	0.45	10.61	16.39	15.93	5.065	0.000	48.00	8.60	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.55	8.10	17.81	17.32	4.768	0.000	48.00	8.00	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.60	7.05	18.45	17.94	4.560	0.000	48.00	8.50	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
SOL TIPO I	0.45	10.63	16.37	15.92	5.073	0.000	48.00	8.00	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.55	8.11	17.81	17.31	4.774	0.000	48.00	8.20	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.60	7.06	18.45	17.93	4.560	0.000	48.00	9.10	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO	0.45	10.10	16.77	16.30	4.806	0.032	48.00	9.60	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.55	7.89	17.98	17.48	4.629	0.025	48.00	10.60	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54
	0.60	6.86	18.61	18.09	4.421	0.022	48.00	11.00	[7.60 - 10.15]	+/- 2.54

Cuadro 4.12 Asentamiento para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.

GRADO DE TRABAJABILIDAD	REVENIMIENTO		USO CONVENIENTE DEL CONCRETO
	mm	in	
Muy baja	0-25	0-1	En caminos vibrados por máquinas de poder. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactarse en ciertos con maquinas manuales.
Baja	25-50	1 - 2	En caminos vibrados con máquinas manuales. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactar manualmente en caminos usando agregado de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibración o secciones reforzadas ligeramente con vibración.
Media	50-100	2 - 4	En el final menos trabajable de este grupo, se encuentran las losas planas compactadas manualmente que usan agregados triturados, concreto reforzado normal, compactado manualmente y secciones muy reforzadas con vibración.
Alta	100-175	4 - 7	Para secciones con refuerzo aglomerado. Normalmente no es adecuado para ser vibrado.

Tabla 4.4 Trabajabilidad y revenimiento de concretos con tamaño máximo de agregado entre  $\frac{3}{4}$ " a  $1 \frac{1}{2}$ "<sup>10</sup>

## b. La Consistencia

El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado a mano. Una mezcla muy húmeda de concreto se puede moldear en el sentido de que puede colocarse en el encofrado, pero esto no entra en la definición de "plástico" aquel material que es plegable y capaz de ser moldeado o formado como un terrón de arcilla para moldar.

Los ingredientes no están predispuestos a segregarse durante el transporte; y cuando el concreto endurece, se transforma en una mezcla homogénea de todos los componentes. El concreto de consistencia plástica no se desmorona si no que fluye como líquido viscoso sin segregarse.

El revenimiento se utiliza como una medida de la consistencia del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia dura. En la práctica de la construcción, los elementos delgados de concreto y los elementos del concreto fuertemente reforzados requieren de mezclas consistentes, pero jamás de mezclas similares a una sopa, para tener facilidad en su colocación. Se necesita una mezcla plástica para tener resistencia y para mantener su homogeneidad durante el manejo y la colocación. Mientras que una mezcla plástica es adecuada para la mayoría con trabajos con concreto, se puede utilizar aditivos superfluidificantes para adicionar fluidez al concreto en miembros de concretos delgados o fuertemente reforzados.

## c. Homogeneidad y uniformidad

Para asegurarse de que los componentes del concreto estén combinados en una mezcla homogénea se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo, se puede variar esa secuencia y aun así producir concreto de calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento de agua, en el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora, y en la velocidad de revolución. Otros factores importantes en el mezclado son el tamaño de la revoltura en la relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre la

dosificación y el mezclado, el diseño, la configuración y el estado del tambor mezclador y las paletas. Las mezcladoras aprobadas, con operación y mantenimiento correcto, aseguran un intercambio de materiales de extremo a extremo por medio de una acción de rolado, plegado y amasado de la revoltura sobre si misma a medida que se mezcla el concreto.

#### d. Compacidad

Norma ensayada: BSI 1881 parte 103

Es la relación entre el volumen real de los componentes del concreto y el volumen aparente del concreto. No se tiene en cuenta el aire incluido.

El aparato a usar es el Compacimetro de Glanville que se muestra en la Figura 4.2, las medidas se muestran en la Figura 4.3 y están expresadas en pulgadas.

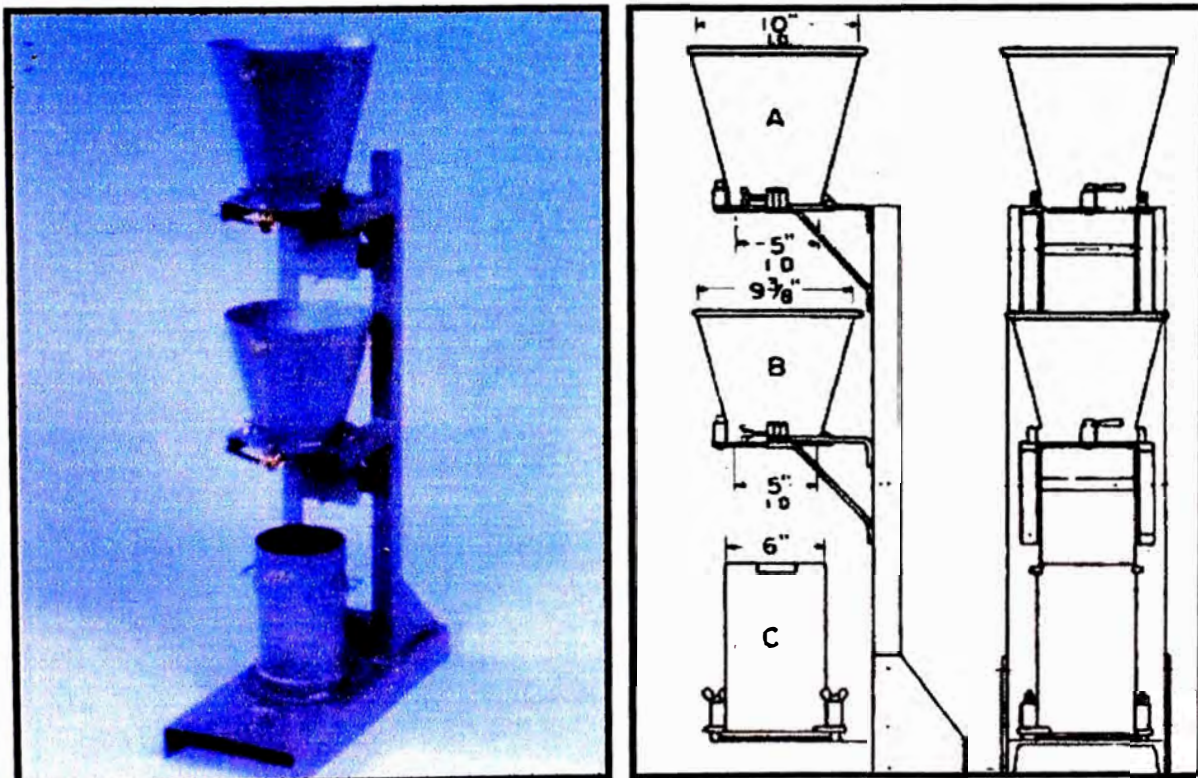


Figura 4.2 Compacimetro de Glanville. Fuente: *Concrete Technology*, autor: M S Shetty<sup>14</sup>

Figura 4.3 Medidas en pulgadas del compacimetro. Fuente: *Significance of test and properties of concrete-making materials*, autor: Paul Klieger<sup>16</sup>

El Factor de Compacidad indica el grado de trabajabilidad del concreto fresco, un concreto de baja trabajabilidad tiene un factor alrededor de 0.85, un concreto de mediana trabajabilidad tiene 0.92, y concreto de alta trabajabilidad esta alrededor de 0.95.

El procedimiento del ensayo se describe en la norma en mención y el factor de compacidad es el cociente entre el peso de concreto llenado por gravedad y el peso de concreto compactado energicamente.

Luego se tiene:

**FACTOR DE COMPACIDAD DEL CONCRETO**

Norma ensayada: BS 1881 parte 103

TIPO DE CEMENTO	a/c	PESO DEL MOLDE CILÍNDRICO (A) kg	P. MOLDE CILÍNDRICO + CONCRETO LLENO POR GRAVEDAD (B) kg	P. MOLDE CILÍNDRICO + CONCRETO COMPACTADO ENÉRGICAMENTE (C) kg	P. CONCRETO LLENO POR GRAVEDAD (D)=B-A m3	P. CONCRETO COMPACTADO ENÉRGICAMENTE (E)=C-A kg	FACTOR DE COMPACIDAD (F)=D/E
<b>QUISQUEYA TIPO I</b>	0.45	6.45	19.75	20.95	13.30	14.50	0.92
	0.55	6.45	19.70	21.00	13.25	14.55	0.91
	0.60	6.45	19.85	21.05	13.40	14.60	0.92
<b>SOL TIPO I</b>	0.45	6.45	19.70	21.05	13.25	14.60	0.91
	0.55	6.45	19.75	21.10	13.30	14.65	0.91
	0.60	6.45	19.85	20.95	13.40	14.50	0.92
<b>QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO</b>	0.45	6.45	19.55	20.65	13.10	14.20	0.92
	0.55	6.45	19.65	20.70	13.20	14.25	0.93
	0.60	6.45	19.80	20.85	13.35	14.40	0.93

Cuadro 4.13 Factor de Compacidad para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.

#### e. Peso Unitario y Rendimiento

Normas ensayadas: NTP 339 046 - ASTM C138

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 kg por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). El peso unitario (densidad) del concreto varía, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado. Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Además del concreto convencional, existe una amplia variedad de otros concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de  $240 \text{ kg/m}^3$ , a concretos pesados con pesos unitarios de  $6400 \text{ kg/m}^3$ , que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

El rendimiento del concreto se define como la cantidad de mezcla en su estado fresco que se obtiene a partir de una dosificación conocida de insumos (ingredientes).

En el laboratorio la prueba del peso unitario se puede usar también para determinar el contenido de aire (porcentaje de vacíos) del concreto, puesto que se conoce el peso teórico del concreto calculado sobre la base de libre de aire ( $\text{kg/m}^3$ ).

El ensayo se sigue de acuerdo a la norma mencionada y se obtuvo los siguientes resultados:

### PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO

Normas ensayadas: NTP 339 046 - ASTM C138

TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN a/c	PESO DE MOLDE+CONCRETO	PESO MOLDE	PESO CONCRETO	VOLUMEN DE MOLDE	PESO UNITARIO	PESO TOTAL MATERIALES	RENDIMIENTO
		A kg	B kg	P=A-B kg	V m <sup>3</sup>	PU=(A-B)/V kg/m <sup>3</sup>	PT kg	S=PT/PU m <sup>3</sup>
QUISQUEYA TIPO I	0.45	42.90	9.20	33.70	0.014158	2380.28	48.00	0.0201657
	0.55	43.20	9.20	34.00	0.014158	2401.47	48.00	0.0199878
	0.60	43.30	9.20	34.10	0.014158	2408.53	48.00	0.0199291
SOL TIPO I	0.45	42.60	9.20	33.40	0.014158	2359.09	48.00	0.0203468
	0.55	42.80	9.20	33.60	0.014158	2373.22	48.00	0.0202257
	0.60	43.10	9.20	33.90	0.014158	2394.41	48.00	0.0200467
QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO	0.45	43.10	9.20	33.90	0.014158	2394.41	48.00	0.0200467
	0.55	43.25	9.20	34.05	0.014158	2405.00	48.00	0.0199584
	0.60	43.35	9.20	34.15	0.014158	2412.06	48.00	0.0199000

Cuadro 4.14 Peso Unitario y Rendimiento para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.



f. Porcentaje de aire atrapado (método gravimétrico)

Norma ensayada: NTP 339.046

La inclusión de aire es necesaria en el concreto que estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo y a químicos descongelantes.

Los vacíos microscópicos de aire incluido aportan una fuente de alivio a la presión interna dentro del concreto para acomodar las presiones que se desarrollan cuando se forman los cristales de hielo en los poros y en los capilares del concreto. Sin el contenido de aire apropiado en el mortero del concreto, el concreto normal que está expuesto a ciclos de congelación y deshielo, se escamará y/o astillará, dando como resultado una falla en su durabilidad. Sin embargo, debemos ser cuidadosos de no tener demasiado aire incluido en el concreto.

En concretos diseñados para alcanzar 200 a 350 kg/cm<sup>2</sup>, conforme se incrementa el contenido de aire en más de un 5%, habrá una reducción correspondiente en la resistencia del concreto. Típicamente, esta reducción de resistencia será del orden del 3 al 5% por cada 1% de contenido de aire por arriba del valor de diseño. Por ejemplo, un concreto proporcionado para 5% de aire será aproximadamente de 15 al 25% menor en resistencia si el contenido de aire se eleva al 10%.

Después del ensayo se elaboran los siguientes cuadros, en el cuadro 4.15, están los pesos de diseño de cada material por metro cúbico de mezcla así como el peso total por metro cúbico, además se muestra también el peso unitario real. En el cuadro 4.16, están los volúmenes absolutos de cada material que intervienen por metro cúbico de mezcla.

Para calcular el contenido de aire del concreto se siguen los pasos de la norma en mención y se obtuvo:

## CONTENIDO DE AIRE

Norma ensayada: NTP 339.046

TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN a/c	PESO DE MATERIALES x DISEÑO DE 1M3					PESO TOTAL DISEÑO x m3	PESO UNITARIO
		CEMENTO	PIEDRA	ARENA	AGUA	ADITIVO		
		kg	kg	kg	litros	kg	kg	kg/m3
							A	B
QUISQUEYA TIPO I	0.45	511.10	789.10	741.80	243.70	0.000	2285.70	2380.28
	0.55	390.90	859.80	808.40	230.00	0.000	2289.10	2401.47
	0.60	341.70	894.00	840.40	220.60	0.000	2296.70	2408.53
SOL TIPO I	0.45	511.10	788.40	741.20	243.70	0.000	2284.40	2359.09
	0.55	390.90	859.30	807.90	230.00	0.000	2288.10	2373.22
	0.60	341.70	893.50	840.00	220.60	0.000	2295.80	2394.41
QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO	0.45	488.90	811.80	763.20	234.10	0.035	2298.04	2394.41
	0.55	381.80	870.30	818.20	225.20	0.028	2295.53	2405.00
	0.60	333.30	904.10	850.00	215.70	0.024	2303.12	2412.06
<b>PESO ESPECÍFICO DE MATERIALES</b>		<b>3.15</b> gr/cc	<b>2.656</b> gr/cc	<b>2.568</b> gr/cc	<b>1.00</b> gr/cc	<b>1.10</b> gr/cc		

Cuadro 4.15 Peso Unitario de diseño para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.

**CONTENIDO DE AIRE**

Norma a consultar: NTP 339.046

TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN a/c	VOLUMEN ABSOLUTO DE CADA MATERIAL EN LA MEZCLA					TOTAL C	REND TANDA D=A/B	AIRE ATRAPADO F=(D-C)/D
		CEMENTO m3	PIEDRA m3	ARENA m3	AGUA m3	ADITIVO m3			
QUISQUEYA TIPO I	0.45	0.162	0.276	0.268	0.244	0.00000	0.950	0.9603	<b>1.04</b>
	0.55	0.124	0.301	0.292	0.230	0.00000	0.947	0.9532	<b>0.63</b>
	0.60	0.108	0.313	0.304	0.221	0.00000	0.946	0.9536	<b>0.82</b>
SOL TIPO I	0.45	0.163	0.276	0.268	0.244	0.00000	0.950	0.9683	<b>1.86</b>
	0.55	0.124	0.301	0.292	0.230	0.00000	0.947	0.9641	<b>1.75</b>
	0.60	0.109	0.313	0.303	0.221	0.00000	0.946	0.9588	<b>1.36</b>
QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO	0.45	0.155	0.284	0.276	0.234	0.00003	0.949	0.9598	<b>1.09</b>
	0.55	0.121	0.305	0.296	0.225	0.00003	0.947	0.9545	<b>0.81</b>
	0.60	0.106	0.317	0.307	0.216	0.00002	0.945	0.9548	<b>1.01</b>

Cuadro 4.16 Contenido de aire atrapado para los diferentes diseños de mezcla de concreto empleados.

g. Exudación

Normas ensayadas: NTP 339 046 - ASTM C138

Entendiendo que el concreto en estado fresco puede ser asimilado a una suspensión concentrada donde la fase sólida la componen los agregados, el cemento Portland y las adiciones minerales (si corresponde) y la fase líquida está formada por agua y, generalmente, aditivos químicos. Luego de colocado, compactado y terminado, el material tiende a experimentar una segregación donde los sólidos de mayor densidad tienden a asentarse por lo cual disminuye la concentración de sólidos a medida que nos acercamos a la zona superficial. Esto puede observarse claramente cuando el concreto presenta un marcado brillo superficial formado principalmente por agua. A este fenómeno se lo conoce como **exudación**.

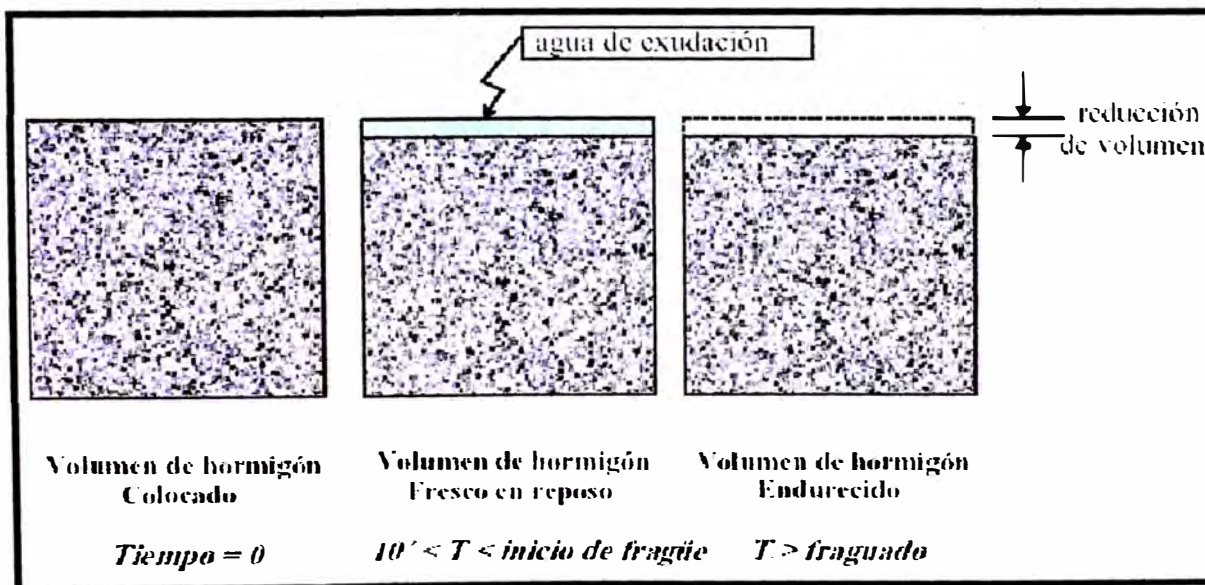


Figura 4.4 Reducción del volumen de concreto por el fenómeno de exudación. <sup>13</sup>

El método del ensayo se siguió de acuerdo a la norma en mención y se obtuvo los siguientes resultados:

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO**

NTP 339 077 - ASTM C232

cemento **QUISQUEYA Tipo I**  
 relación a/c 0.45  
 cemento (c) 10.61 kg  
 agua (w) 5.07 litros  
 arena (a) 15.93 kg  
 piedra (p) 16.39 kg  
 aditivo (b) 0 litros

diámetro recipiente 25.40 cm  
 área recipiente: (A) 506.71 cm<sup>2</sup>  
 Peso recipiente 1/2 pie<sup>3</sup>: (K) 9.20 kg  
 Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P) 39.50 kg  
 Peso muestra concreto: (J=P-K) 30.30 kg  
 Peso tanda: (W=c+w+a+p+b) 48.00 kg  
 Peso del agua en la muestra: (R=(w\*J)/W) **3.20** litros

HORA DE INICIO= 9.30 horas  
 temperatura laborator 20.10 °C

hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
9:40	10	10	3.75	3.75	0.0074	0.0007
9:50	20	10	10.50	6.75	0.0133	0.0013
10:00	30	10	15.45	4.95	0.0098	0.0010
10:10	40	10	19.95	4.50	0.0089	0.0009
10:40	70	30	32.10	12.15	0.0240	0.0008
11:10	100	30	39.90	7.80	0.0154	0.0005
11:40	130	30	<b>39.90</b>	0.00		

**% de exudación=(G\*100)/(1000\*R)= 1.248 %**

Cuadro 4.17 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.45.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **QUISQUEYA Tipo I**  
aditivo: **0 litros**  
relación a/c: **0.45**  
% de exudación: **1.248 %**

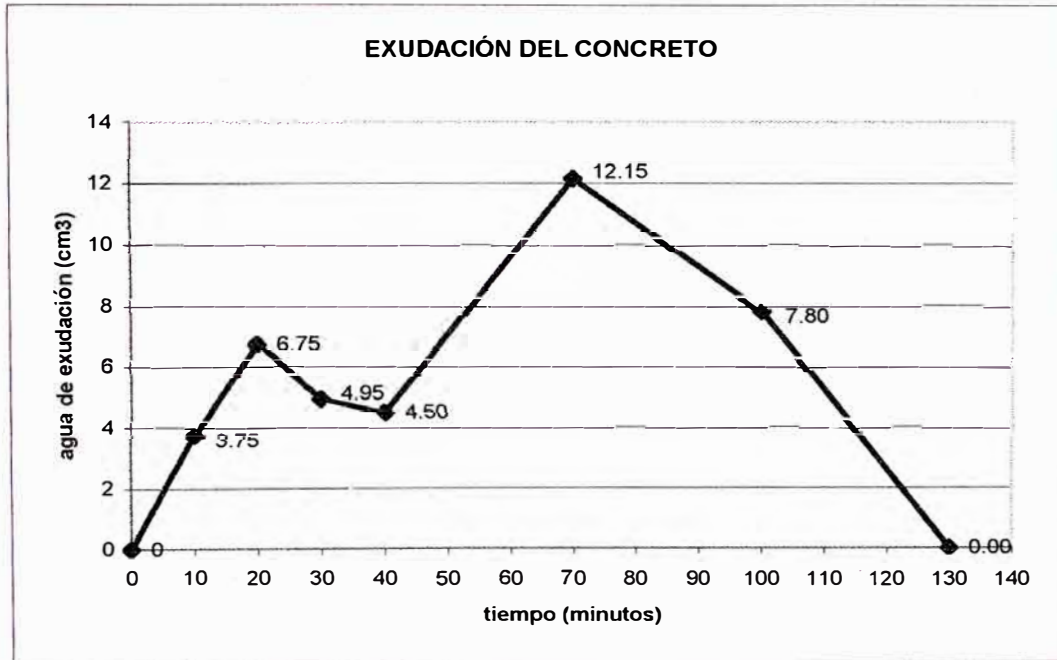


Gráfico 4.1 Exudación con volúmenes parciales Quisqueya a/c 0.45

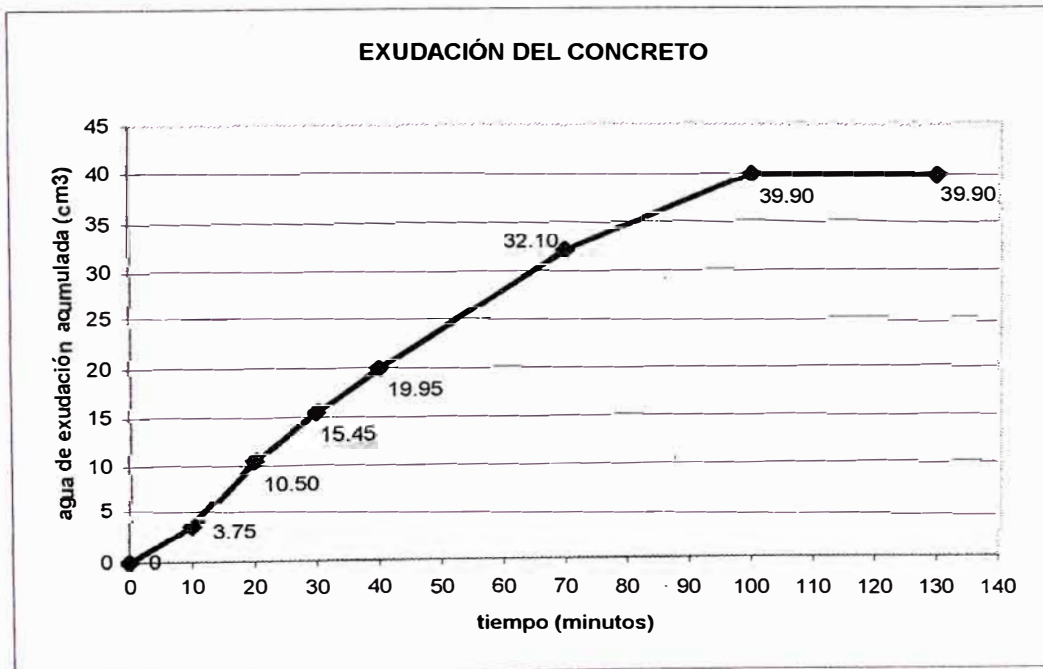


Gráfico 4.2 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya a/c 0.45

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO**

NTP 339 077 - ASTM C232

cimento	<b>SOL Tipo I</b>
relación a/c	0.45
cimento (c)	10.63 kg
agua (w)	5.07 litros
arena (a)	15.92 kg
piedra (p)	16.37 kg
aditivo (b)	0 litros
diámetro recipiente	25.40 cm
área recipiente: (A)	506.71 cm <sup>2</sup>
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)	9.20 kg
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)	39.85 kg
Peso muestra concreto: (J=P-K)	30.65 kg
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)	48.0 kg
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)	<b>3.24</b> litros

HORA DE INICIO= 8.30 horas  
temperatura laborator 19.40 °C

hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
8:40	10	10	3.00	3.00	0.0059	0.0006
8:50	20	10	7.20	4.20	0.0083	0.0008
9:00	30	10	13.05	5.85	0.0115	0.0012
9:10	40	10	20.25	7.20	0.0142	0.0014
9:40	70	30	36.60	16.35	0.0323	0.0011
10:10	100	30	46.50	9.90	0.0195	0.0007
10:40	130	30	<b>46.50</b>	0.00		

**% de exudación=(G\*100)/(1000\*R)= 1.435 %**

Cuadro 4.18 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.45.

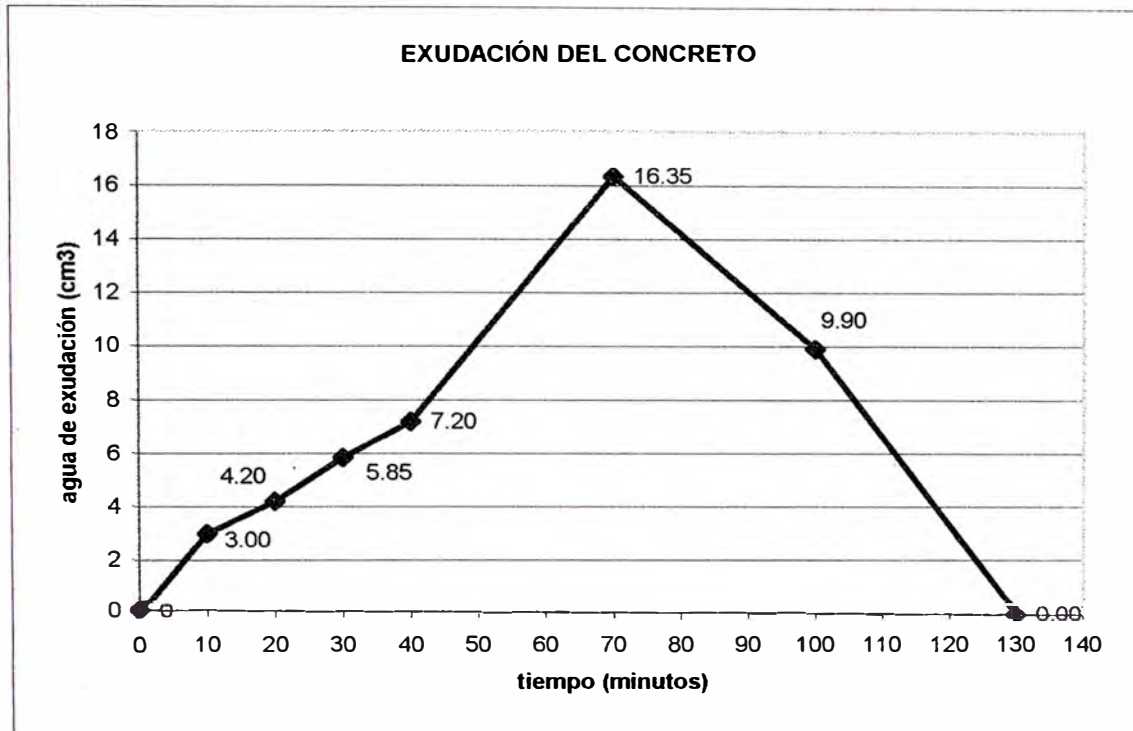


Gráfico 4.3 Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.45

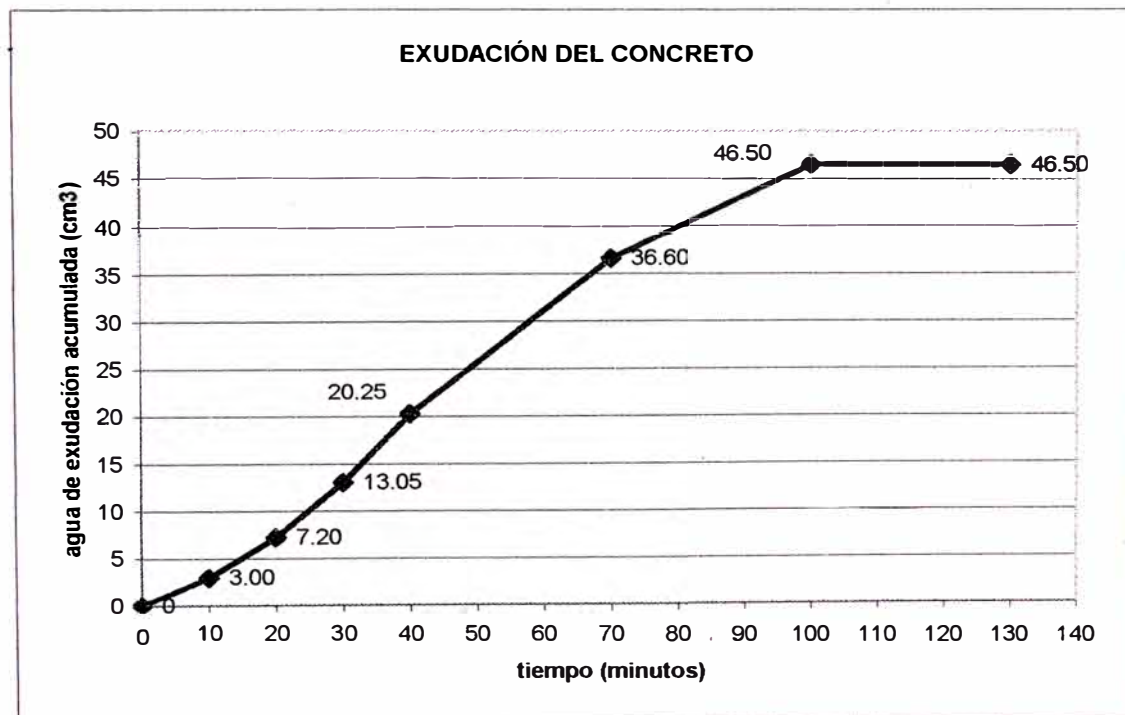


Gráfico 4.4 Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.45



<b>EXUDACIÓN DEL CONCRETO</b>						
NTP 339 077 - ASTM C232						
cemento			<b>QUISQUEYA Tipo I</b>			
relación a/c			0.45			
cemento (c)			10.10 kg			
agua (w)			4.806 litros			
arena (a)			16.30 kg			
piedra (p)			16.77 kg			
aditivo (b)			0.032 litros			
diámetro recipiente			25.40 cm			
área recipiente: (A)			506.71 cm <sup>2</sup>			
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)			9.20 kg			
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)			40.30 kg			
Peso muestra concreto: (J=P-K)			31.10 kg			
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)			48.0 kg			
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)			<b>3.11</b> litros			
HORA DE INICIO=			14.00 horas			
temperatura laborator			19.00 °C			
hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
14:10	10	10	1.50	1.50	0.0030	0.0003
14:20	20	10	5.40	3.90	0.0077	0.0008
14:30	30	10	8.55	3.15	0.0062	0.0006
14:40	40	10	13.65	5.10	0.0101	0.0010
15:10	70	30	24.30	10.65	0.0210	0.0007
15:40	100	30	30.00	5.70	0.0112	0.0004
16:10	130	30	33.75	3.75	0.0074	0.0002
16:40	160	30	<b>33.75</b>	0.00		
<b>% de exudación=(G*100)/(1000*R)=</b>			<b>1.084 %</b>			

Cuadro 4.19 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.45.

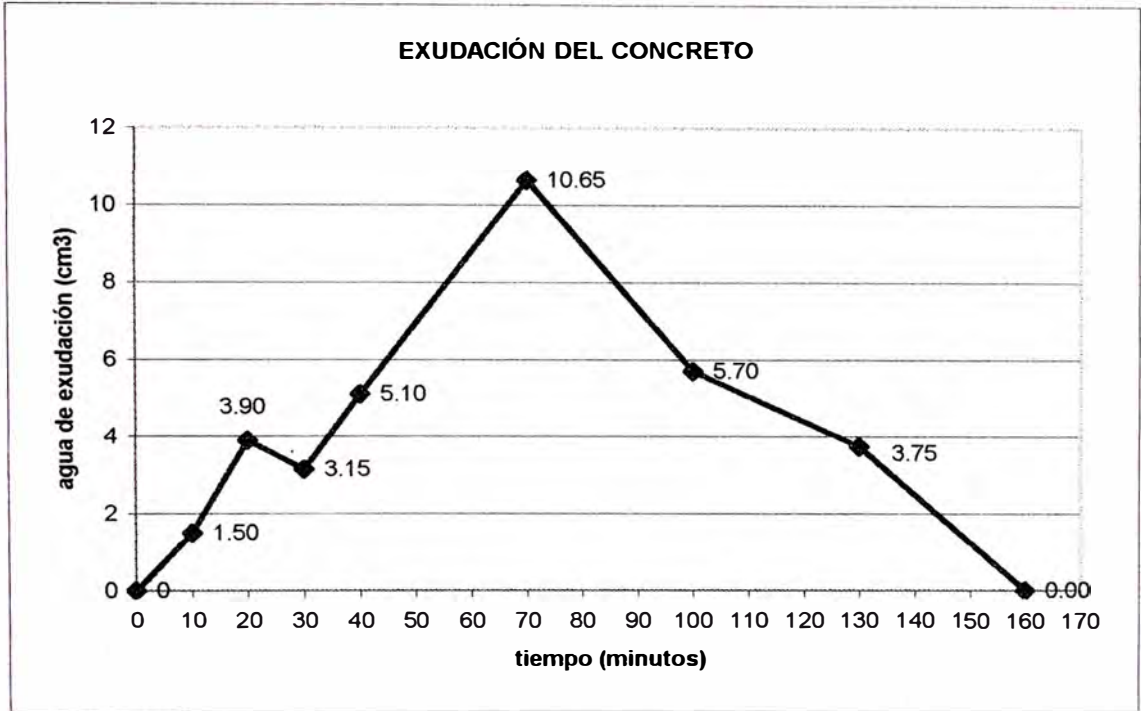


Gráfico 4.5. Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.45

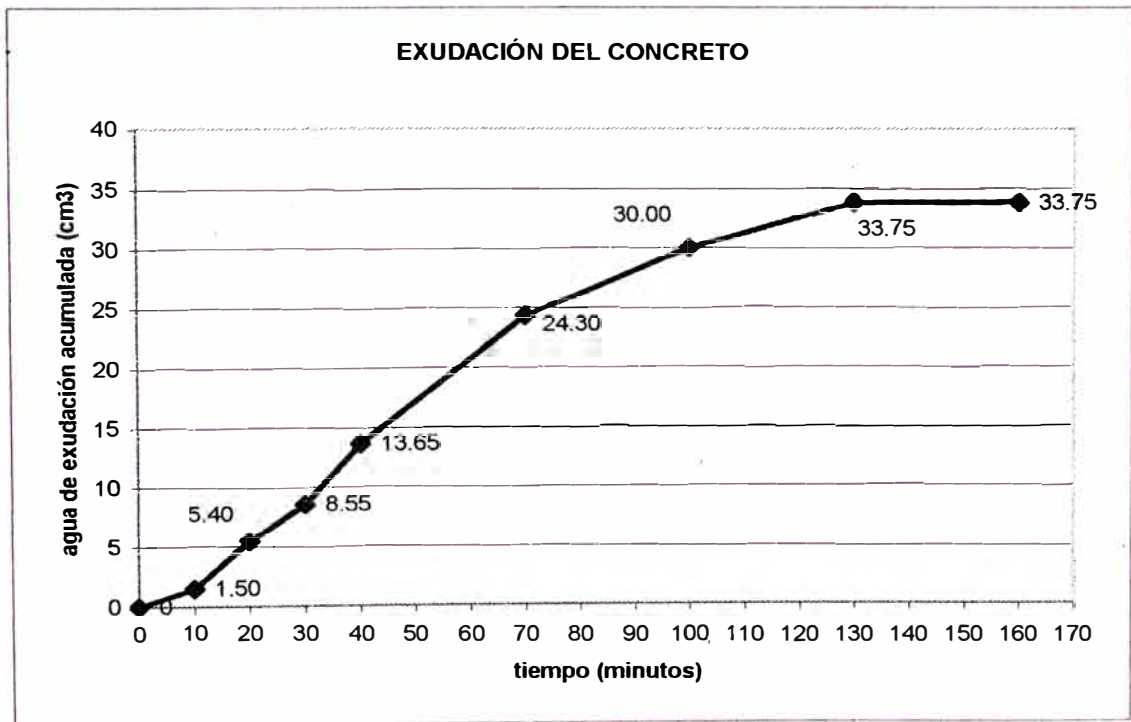


Gráfico 4.6 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+ 0.35% aditivo y a/c 0.45

<b>EXUDACIÓN DEL CONCRETO</b>						
NTP 339 077 - ASTM C232						
cemento	<b>QUISQUEYA Tipo I</b>					
relación a/c	0.55					
cemento (c)	8.10 kg					
agua (w)	4.768 litros					
arena (a)	17.32 kg					
piedra (p)	17.81 kg					
aditivo (b)	0 litros					
diámetro recipiente	25.40 cm					
área recipiente: (A)	506.71 cm <sup>2</sup>					
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)	9.20 kg					
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)	40.40 kg					
Peso muestra concreto: (J=P-K)	31.20 kg					
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)	48.00 kg					
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)	<b>3.10</b> litros					
HORA DE INICIO=	14.00 horas					
temperatura laborator	20.00 °C					
hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
14:10	10	10	5.10	5.10	0.0101	0.0010
14:20	20	10	11.40	6.30	0.0124	0.0012
14:30	30	10	17.85	6.45	0.0127	0.0013
14:40	40	10	25.20	7.35	0.0145	0.0015
15:10	70	30	41.10	15.90	0.0314	0.0010
15:40	100	30	42.30	1.20	0.0024	0.0001
16:10	130	30	<b>42.30</b>	0.00		
<b>% de exudación=(G*100)/(1000*R)=</b>				<b>1.365 %</b>		

Cuadro 4.20 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.55.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **QUISQUEYA Tipo I**  
 aditivo: **0 litros**  
 relación a/c: **0.55**  
 % de exudación: **1.365 %**

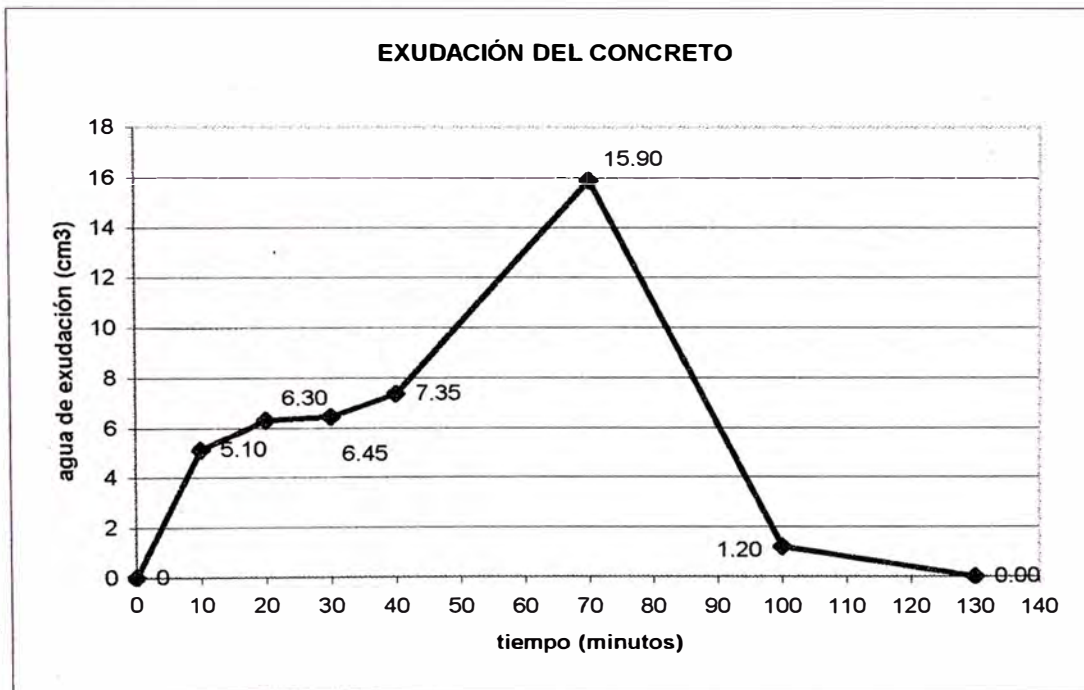


Gráfico 4.7 Exudación con volúmenes parciales Quisqueya y a/c 0.55

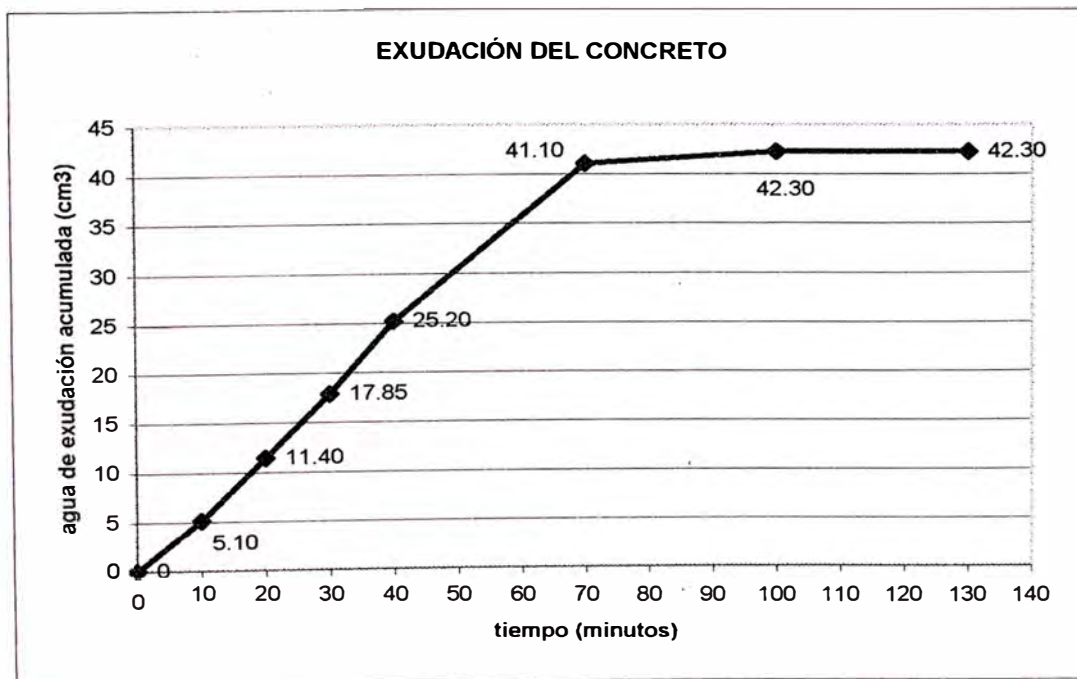


Gráfico 4.8 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya y a/c 0.55

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO**

NTP 339 077 - ASTM C232

cemento	<b>SOL Tipo I</b>
relación a/c	0.55
cemento (c)	8.11 kg
agua (w)	4.774 litros
arena (a)	17.31 kg
piedra (p)	17.81 kg
aditivo (b)	0 litros
diámetro recipiente	25.40 cm
área recipiente: (A)	506.71 cm <sup>2</sup>
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)	9.20 kg
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)	40.30 kg
Peso muestra concreto: (J=P-K)	31.10 kg
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)	48.00 kg
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)	<b>3.09</b> litros

HORA DE INICIO= 14.00 horas  
temperatura laborator 21.80 °C

hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
14:10	10	10	4.50	4.50	0.0089	0.0009
14:20	20	10	14.40	9.90	0.0195	0.0020
14:30	30	10	25.20	10.80	0.0213	0.0021
14:40	40	10	39.90	14.70	0.0290	0.0029
15:10	70	30	48.15	8.25	0.0163	0.0005
15:40	100	30	49.65	1.50	0.0030	0.0001
16:10	130	30	<b>49.65</b>	0.00		

**% de exudación=(G\*100)/(1000\*R)= 1.605 %**

Cuadro 4.21 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.55.

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)

cimento: SOL Tipo I

aditivo: 0 litros

relación a/c: 0.55

% de exudación: 1.605 %

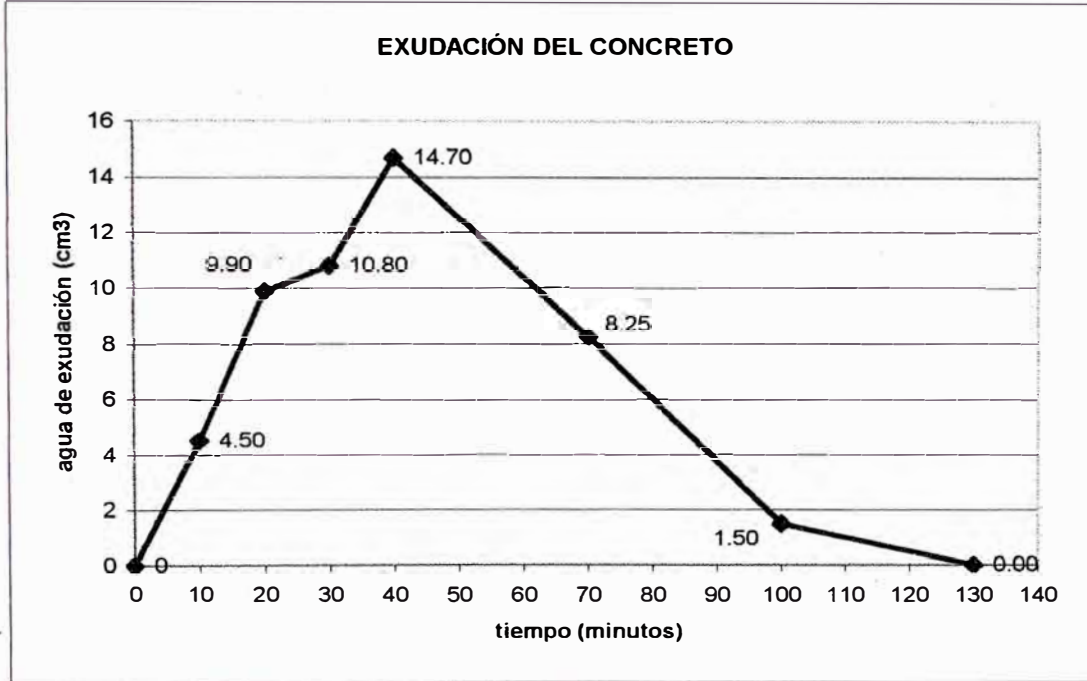


Gráfico 4.9 Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.55

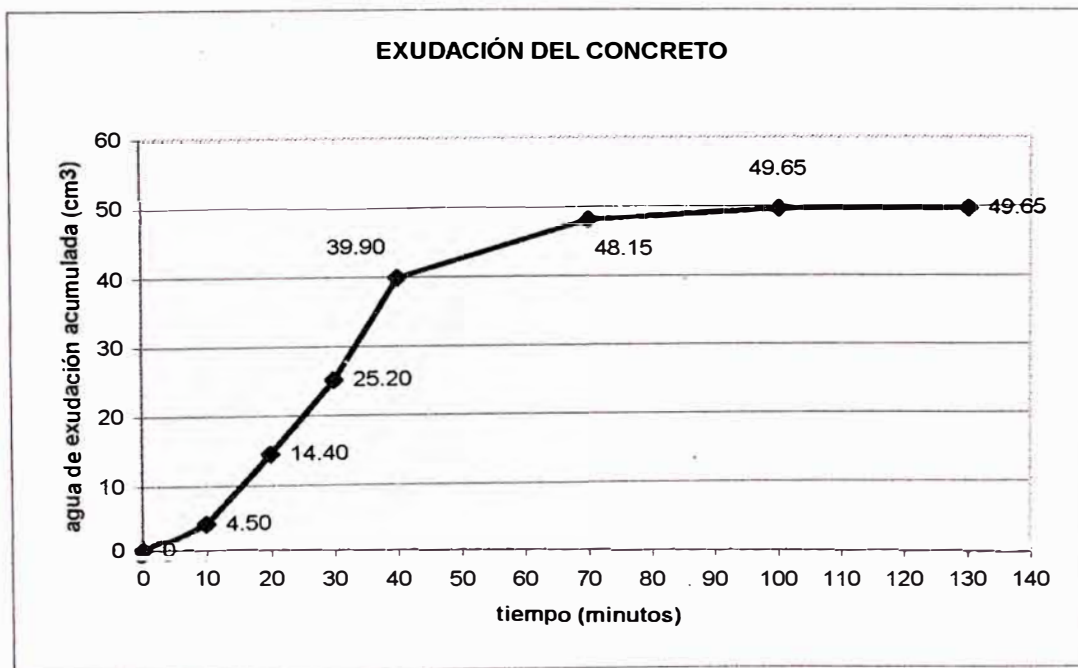


Gráfico 4.10 Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.55

<b>EXUDACIÓN DEL CONCRETO</b>						
NTP 339 077 - ASTM C232						
cemento			<b>QUISQUEYA Tipo I</b>			
relación a/c			0.55			
cemento (c)			7.89 kg			
agua (w)			4.629 litros			
arena (a)			17.48 kg			
piedra (p)			17.98 kg			
aditivo (b)			0.025 litros			
diámetro recipiente			25.40 cm			
área recipiente: (A)			506.71 cm <sup>2</sup>			
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)			9.20 kg			
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)			40.20 kg			
Peso muestra concreto: (J=P-K)			31.00 kg			
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)			48.0 kg			
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)			<b>2.99</b> litros			
HORA DE INICIO=			10.00 horas			
temperatura laborator			19.60 °C			
hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
10:10	10	10	2.85	2.85	0.0056	0.0006
10:20	20	10	7.05	4.20	0.0083	0.0008
10:30	30	10	11.25	4.20	0.0083	0.0008
10:40	40	10	15.45	4.20	0.0083	0.0008
11:10	70	30	25.45	10.00	0.0197	0.0007
11:40	100	30	32.95	7.50	0.0148	0.0005
12:10	130	30	36.85	3.90	0.0077	0.0003
12:40	160	30	<b>36.85</b>	0.00		
<b>% de exudación=(G*100)/(1000*R)=</b>			<b>1.233 %</b>			

Cuadro 4.22 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.55.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **QUISQUEYA Tipo I**  
 aditivo: **0.025 litros**  
 relación a/c: **0.55**  
 % de exudación: **1.233 %**

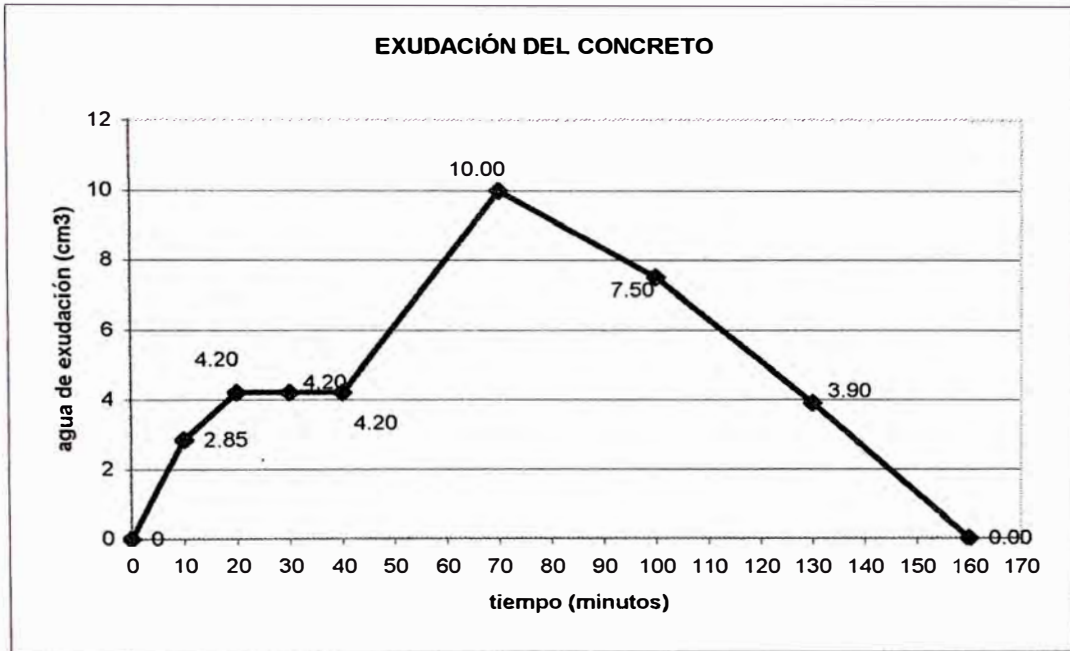


Gráfico 4.11 Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.55

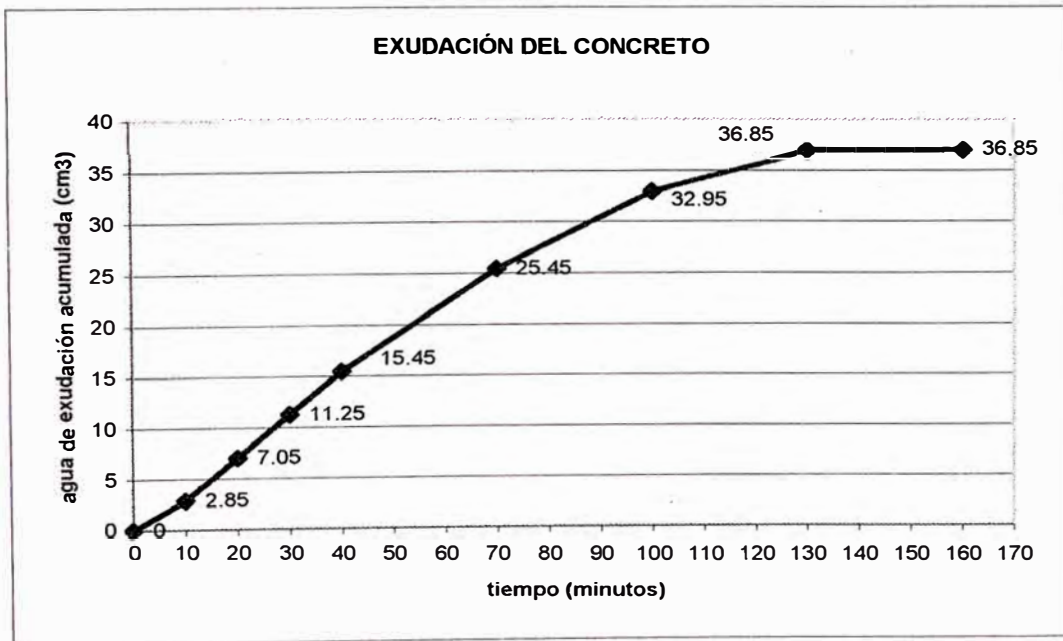


Gráfico 4.12 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+ 0.35% aditivo y a/c 0.55



<b>EXUDACIÓN DEL CONCRETO</b>						
NTP 339 077 - ASTM C232						
cemento			<b>QUISQUEYA Tipo I</b>			
relación a/c			0.60			
cemento (c)			7.05 kg			
agua (w)			4.56 litros			
arena (a)			17.94 kg			
piedra (p)			18.45 kg			
aditivo (b)			0 litros			
diámetro recipiente			25.40 cm			
área recipiente: (A)			506.71 cm <sup>2</sup>			
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)			9.20 kg			
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)			40.85 kg			
Peso muestra concreto: (J=P-K)			31.65 kg			
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)			48.00 kg			
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)			<b>3.01</b> litros			
HORA DE INICIO=			9.00 horas			
temperatura laborator			20.80 °C			
hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
09:10	10	10	7.10	7.10	0.0140	0.0014
09:20	20	10	13.55	6.45	0.0127	0.0013
09:30	30	10	21.85	8.30	0.0164	0.0016
09:40	40	10	32.10	10.25	0.0202	0.0020
10:10	70	30	50.90	18.80	0.0371	0.0012
10:40	100	30	61.10	10.20	0.0201	0.0007
11:10	130	30	<b>61.10</b>	0.00		
<b>% de exudación=(G*100)/(1000*R)=</b>			<b>2.032 %</b>			

Cuadro 4.23 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya y a/c 0.60.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **QUISQUEYA Tipo I**

aditivo: **0 litros**

relación a/c: **0.6**

% de exudación: **2.032 %**

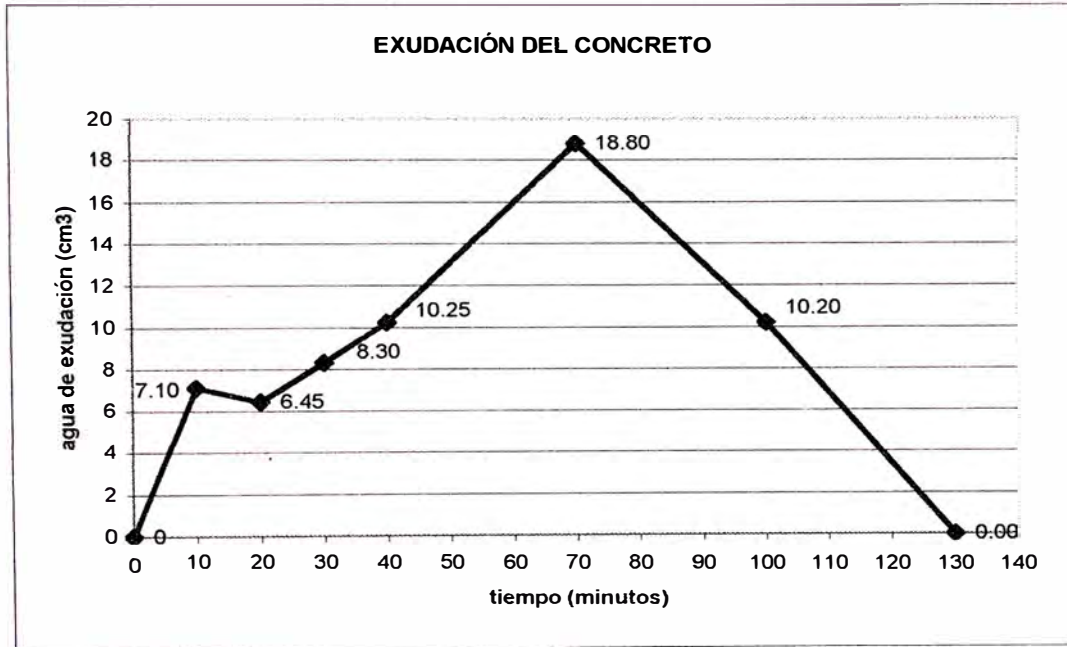


Gráfico 4.13 Exudación con volúmenes parciales Quisqueya y a/c 0.60

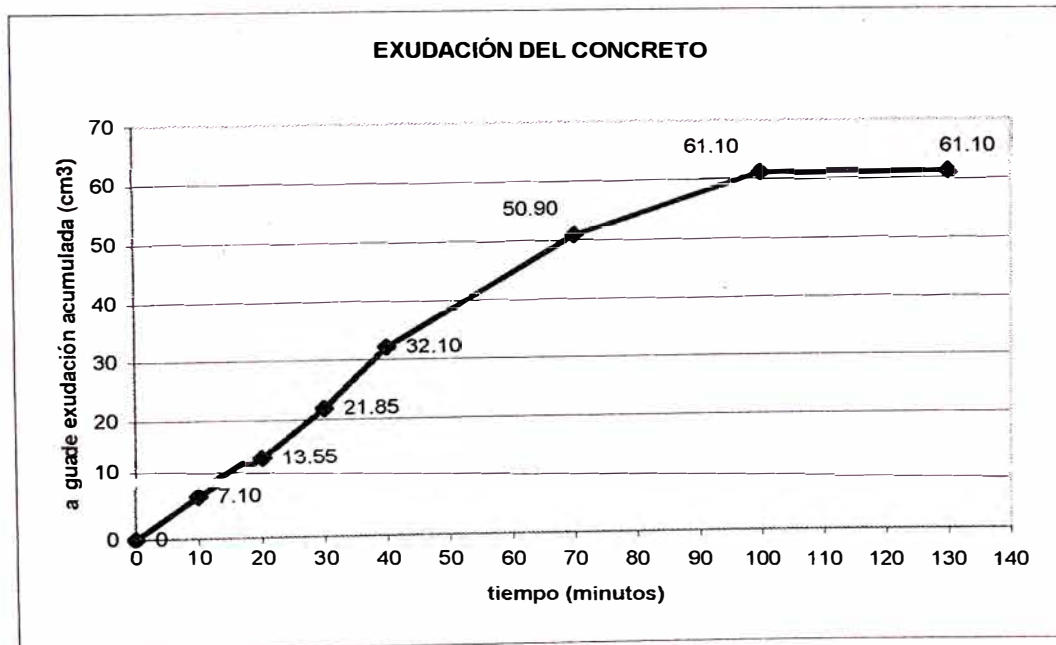


Gráfico 4.14 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya y a/c 0.60

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO

NTP 339 077 - ASTM C232

cemento	<b>SOL Tipo I</b>
relación a/c	0.60
cemento (c)	7.06 kg
agua (w)	4.56 litros
arena (a)	17.93 kg
piedra (p)	18.45 kg
aditivo (b)	0 litros

diámetro recipiente	25.40 cm
área recipiente: (A)	506.71 cm <sup>2</sup>
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)	9.20 kg
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)	39.65 kg
Peso muestra concreto: (J=P-K)	30.45 kg
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)	48.00 kg
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)	<b>2.89</b> litros

HORA DE INICIO= 8.30 horas

temperatura laborator 19.00 °C

hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
8:40	10	10	8.70	8.70	0.0172	0.0017
8:50	20	10	18.75	10.05	0.0198	0.0020
9:00	30	10	28.35	9.60	0.0189	0.0019
9:10	40	10	38.10	9.75	0.0192	0.0019
9:40	70	30	56.10	18.00	0.0355	0.0012
10:10	100	30	64.35	8.25	0.0163	0.0005
10:40	130	30	65.10	0.75	0.0015	0.0000
11:10	160	30	<b>65.10</b>	0.00		

% de exudación=(G\*100)/(1000\*R)= **2.250 %**

Cuadro 4.24 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Sol y a/c 0.60.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **SOL Tipo I**  
 aditivo: **0 litros**  
 relación a/c: **0.6**  
 % de exudación: **2.250 %**

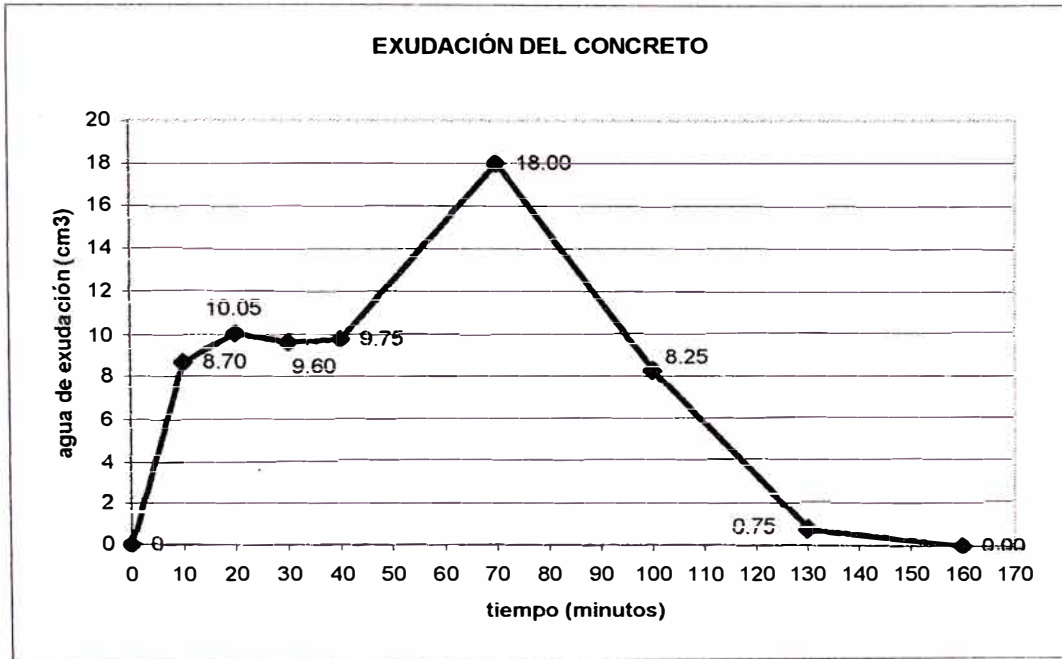


Gráfico 4.15 Exudación con volúmenes parciales Sol y a/c 0.60

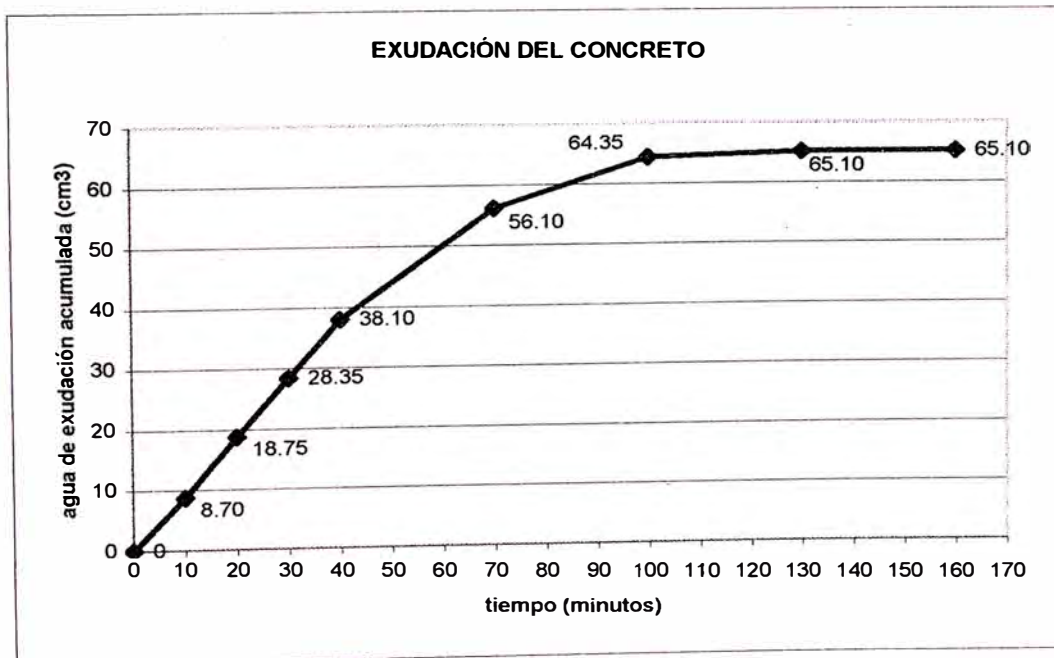


Gráfico 4.16 Exudación con volúmenes acumulados Sol y a/c 0.60

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO**

NTP 339 077 - ASTM C232

cemento	<b>QUISQUEYA Tipo I</b>
relación a/c	0.60
cemento (c)	6.86 kg
agua (w)	4.421 litros
arena (a)	18.09 kg
piedra (p)	18.61 kg
aditivo (b)	0.022 litros

diámetro recipiente	25.40 cm
área recipiente: (A)	506.71 cm <sup>2</sup>
Peso recipiente 1/2 pie <sup>3</sup> : (K)	9.20 kg
Peso recipiente+Peso muestra concreto: (P)	40.10 kg
Peso muestra concreto: (J=P-K)	30.90 kg
Peso tanda: (W=c+w+a+p+b)	48.0 kg
Peso del agua en la muestra: (R=(w*J)/W)	<b>2.85</b> litros

HORA DE INICIO= 14.00 horas  
temperatura laborator 19.70 °C

hora de ensayo	tiempo acumulado t	tiempo parcial T	vol. agua acumulada G	volumen parcial E	agua de exudación F=E/A	veloc. de exudación V=F/T
(hh:mm)	(minutos)	(minutos)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	(cm/minutos)
14:10	10	10	4.00	4.00	0.0079	0.0008
14:20	20	10	9.15	5.15	0.0102	0.0010
14:30	30	10	13.45	4.30	0.0085	0.0008
14:40	40	10	19.95	6.50	0.0128	0.0013
15:10	70	30	36.15	16.20	0.0320	0.0011
15:40	100	30	48.95	12.80	0.0253	0.0008
16:10	130	30	53.05	4.1	0.0081	0.0003
16:40	160	30	<b>53.05</b>	0.00		

**% de exudación=(G\*100)/(1000\*R)= 1.864 %**

Cuadro 4.25 Exudación para diseño de mezcla empleando cemento Quisqueya + 0.35% aditivo y a/c 0.60.

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.077 - ASTM C232)**

cemento: **QUISQUEYA Tipo I**  
 aditivo: **0.022 litros**  
 relación a/c: **0.60**  
 % de exudación: **1.864 %**

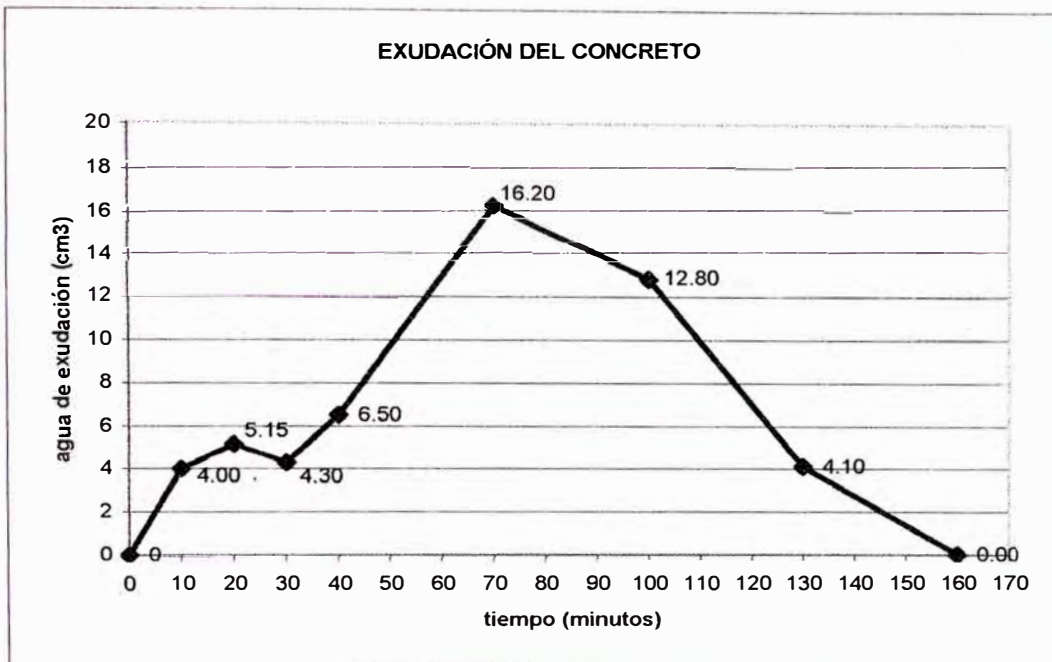


Gráfico 4.17 Exudación con volúmenes parciales Quisqueya+0.35% Aditivo y a/c 0.60

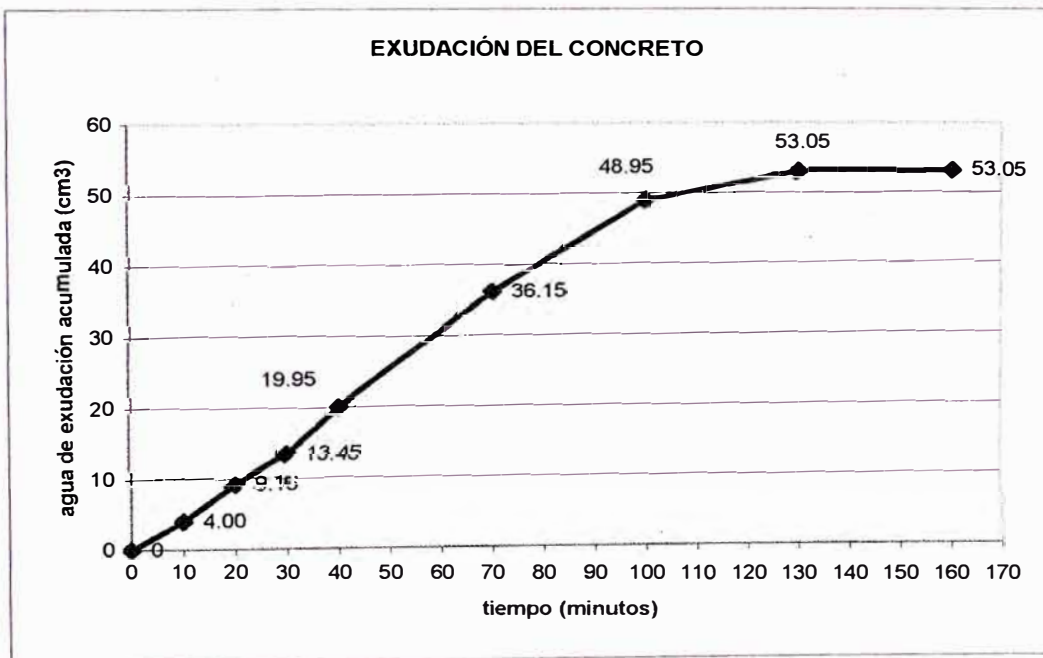


Gráfico 4.18 Exudación con volúmenes acumulados Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.60

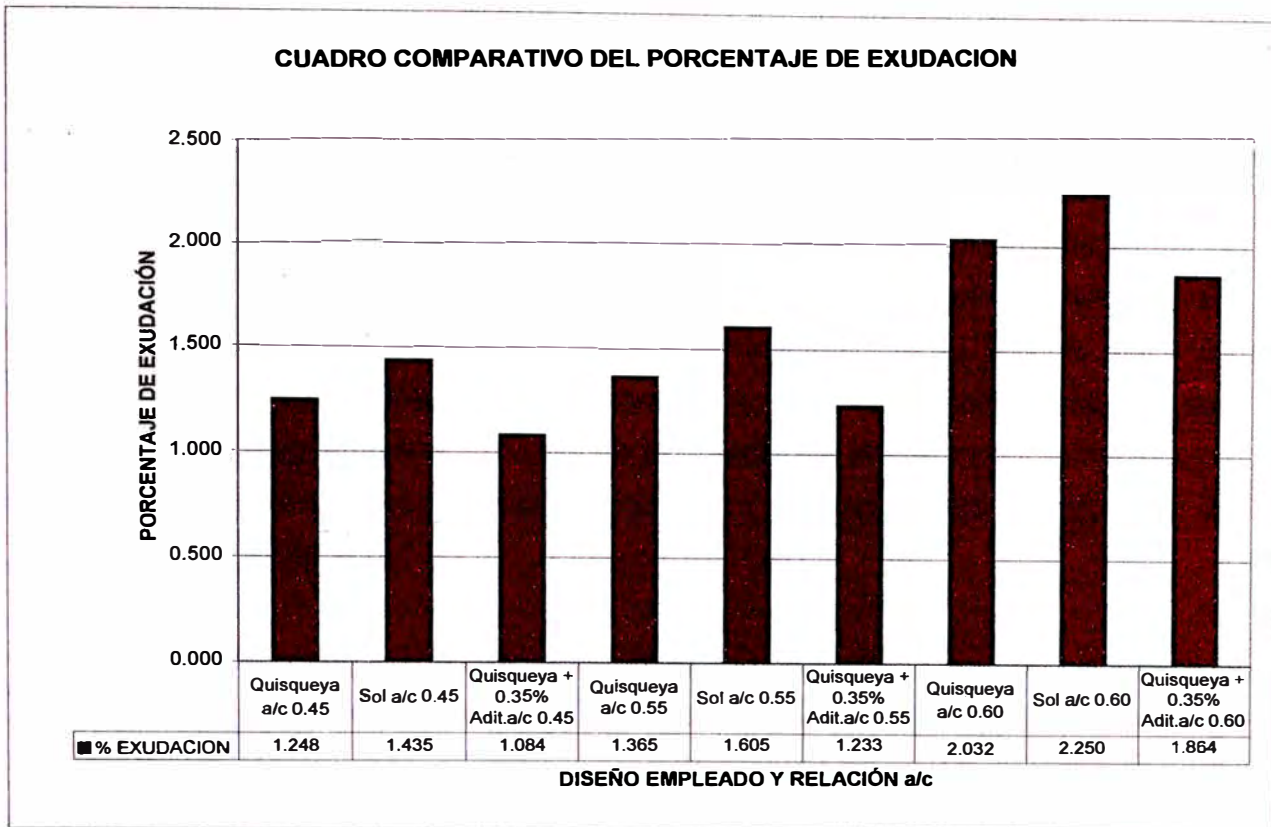


Gráfico 4.19 Cuadro comparativo de % de exudación con los diseños empleados

Según el libro Concrete and Concrete-Making Materials, cuyo autor es Paul Klieguer en la página 102, indica algunos valores para el % de exudación (bléeding) usando cemento pórtland tipo I y un slump de 80 mm. Y se tiene:

<b>ALGUNOS VALORES ESPERADOS PARA EL % DE EXUDACION</b>	
relación a/c	% de exudación
0.40	2.2
0.45	3.0
0.50	4.0
0.55	4.8
0.60	5.8
0.65	6.2
0.70	7.0

Cuadro 4.26 Valores esperados para el % de exudación según Paul Klieguer.

#### h. Tiempo de fraguado

Normas ensayadas: NTP 339.082 - ASTM C403

Cuando los ingredientes del concreto y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

Cuando se presentan problemas especiales que demandan un tiempo adicional para el transporte del concreto de la fábrica a la obra, se recurre al uso de “retardantes” del fraguado.

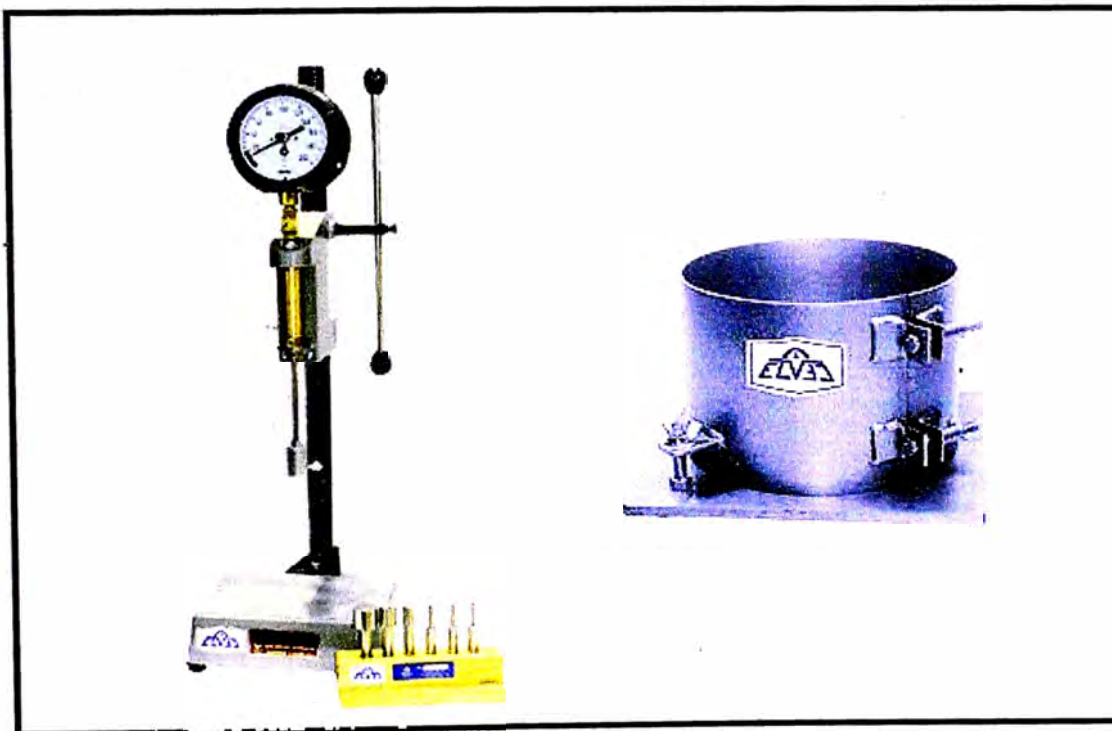


Figura 4.5 Instrumentos para realizar el ensayo de tiempo de fraguado: Penetrometro con agujas, molde para mortero de concreto.

*Fuente:www.elvec.com.mx*

El ensayo se realizó siguiendo la norma mencionada y se obtuvo:



**TIEMPO DE FRAGUADO:  
ASTM C403 - NTP 339.082**

Cemento: QUISQUEYA Tipo I - a/c:0.45						
Tiempo transcurrido	Diámetro aguja	Área aguja	Fuerza Aplicada	Resistencia Penetración	log(t)	log (RP)
(t) minutos	pulg	pulg2	lb	(RP) lb/pulg2		
180	1 1/8"	0.9940	40	40.24	2.255273	1.604674
210	1 1/8"	0.9940	60	60.36	2.322219	1.780765
240	13/16"	0.5185	80	154.29	2.380211	2.188341
270	9/16"	0.2485	110	442.66	2.431364	2.646066
300	5/16"	0.0767	70	912.65	2.477121	2.960303
330	4/16"	0.0491	105	2138.49	2.518514	3.330108
360	3/16"	0.0276	130	4710.14	2.556303	3.673034

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP) = 7.1437 \cdot \log(t) - 14.691$$

coeficiente 1= 7.1437

RP= Resistencia a la Penetración

coeficiente 2= 14.6910

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9893

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 14.691}{7.1437} = \frac{\log(500) + 14.691}{7.1437} = 2.4343$$

$$t = 271.84 \text{ minutos (fragua inicial RP=500)}$$

$$4:31:50 \text{ (hh:mm:ss)}$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 14.691}{7.1437} = \frac{\log(4000) + 14.691}{7.1437} = 2.5607$$

$$t = 363.69 \text{ minutos (fragua final RP=4000)}$$

$$6:03:41 \text{ (hh:mm:ss)}$$

**Cuadro 4.27 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.45**

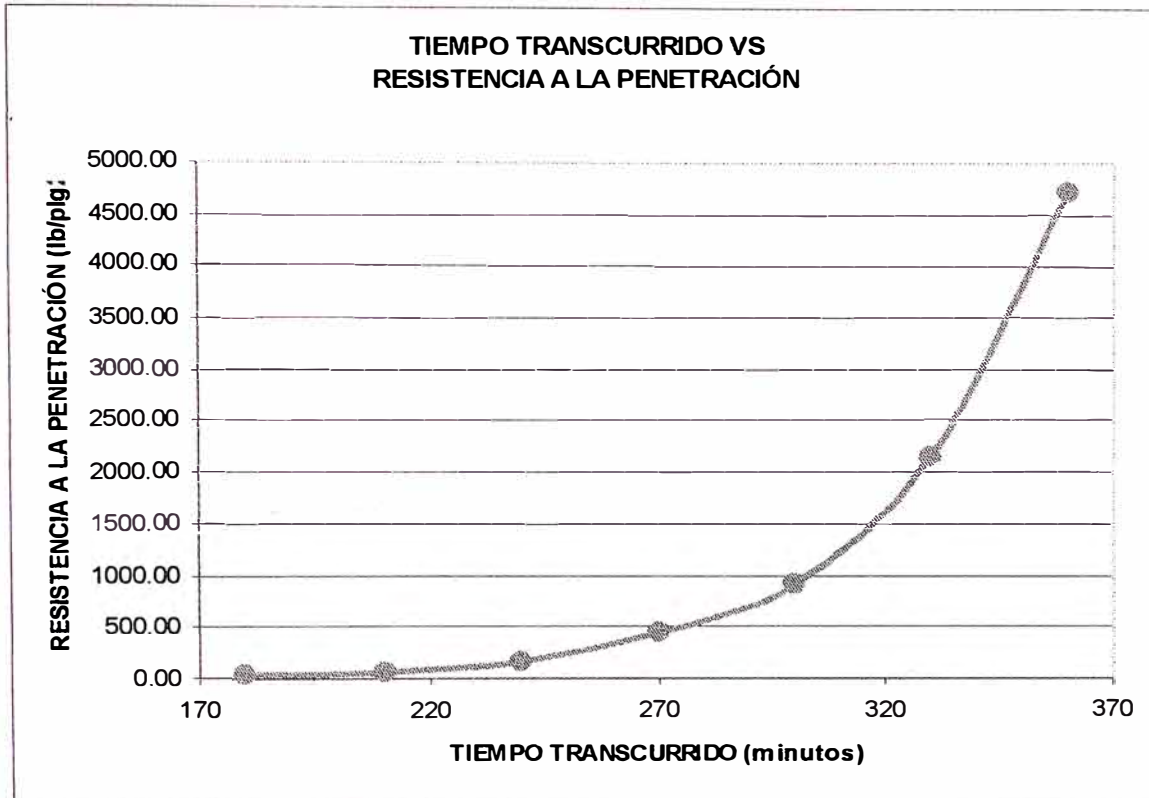


Gráfico 4.20 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.45

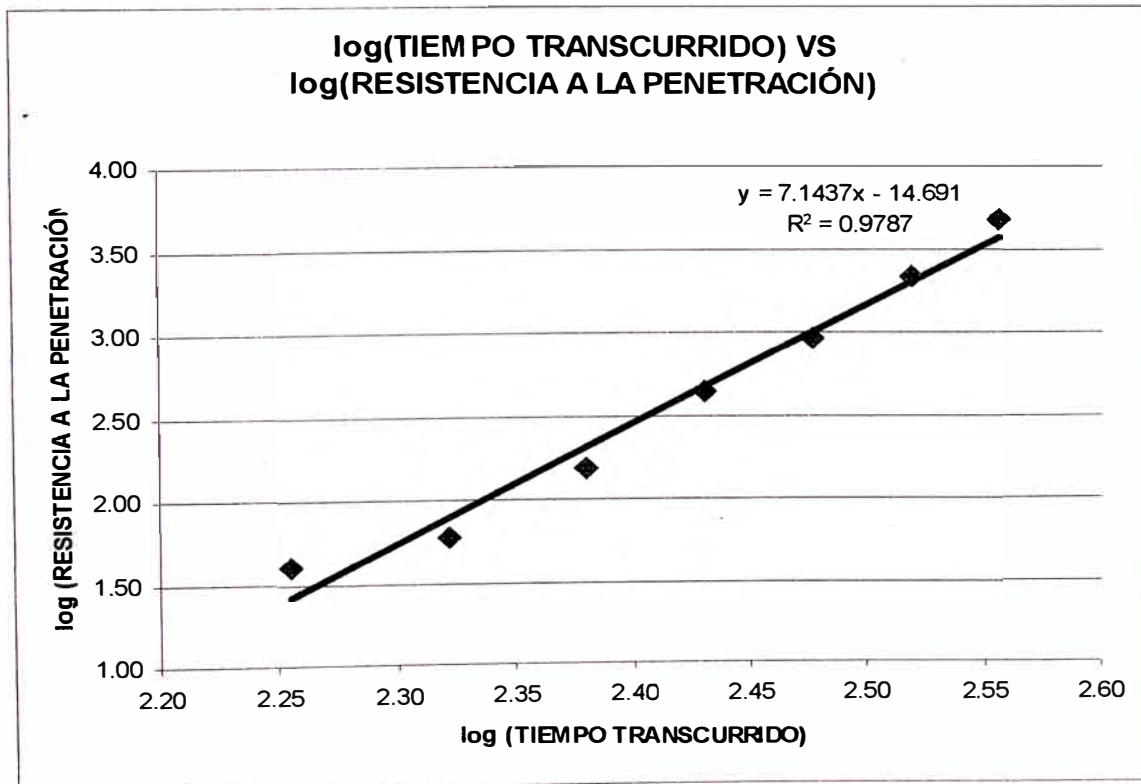


Gráfico 4.21 Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.45

**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

Cemento: SOL Tipo I - a/c:0.45						
Tiempo transcurrido	Diámetro aguja	Área aguja	Fuerza Aplicada	Resistencia Penetración	log(t)	log (RP)
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
210	1 1/8"	0.9940	45	45.27	2.322219	1.655826
240	13/16"	0.5185	50	96.43	2.380211	1.984221
270	9/16"	0.2485	40	160.97	2.431364	2.206734
300	5/16"	0.0767	35	456.32	2.477121	2.659273
330	5/16"	0.0767	80	1043.02	2.518514	3.018295
360	4/16"	0.0491	100	2036.66	2.556303	3.308919
390	3/16"	0.0276	115	4166.67	2.591065	3.619789

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP)=7.4421 \cdot \log(t)-15.732$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9932

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+15.732}{7.4421} = \frac{\log(500)+15.732}{7.4421} = 2.4766$$

$$t = \frac{299.63 \text{ minutos}}{4:59:38 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua inicial } RP=500)$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+15.732}{7.4421} = \frac{\log(4000)+15.732}{7.4421} = 2.5979$$

$$t = \frac{396.21 \text{ minutos}}{6:36:13 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua final } RP=4000)$$

**Cuadro 4.28 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.45**

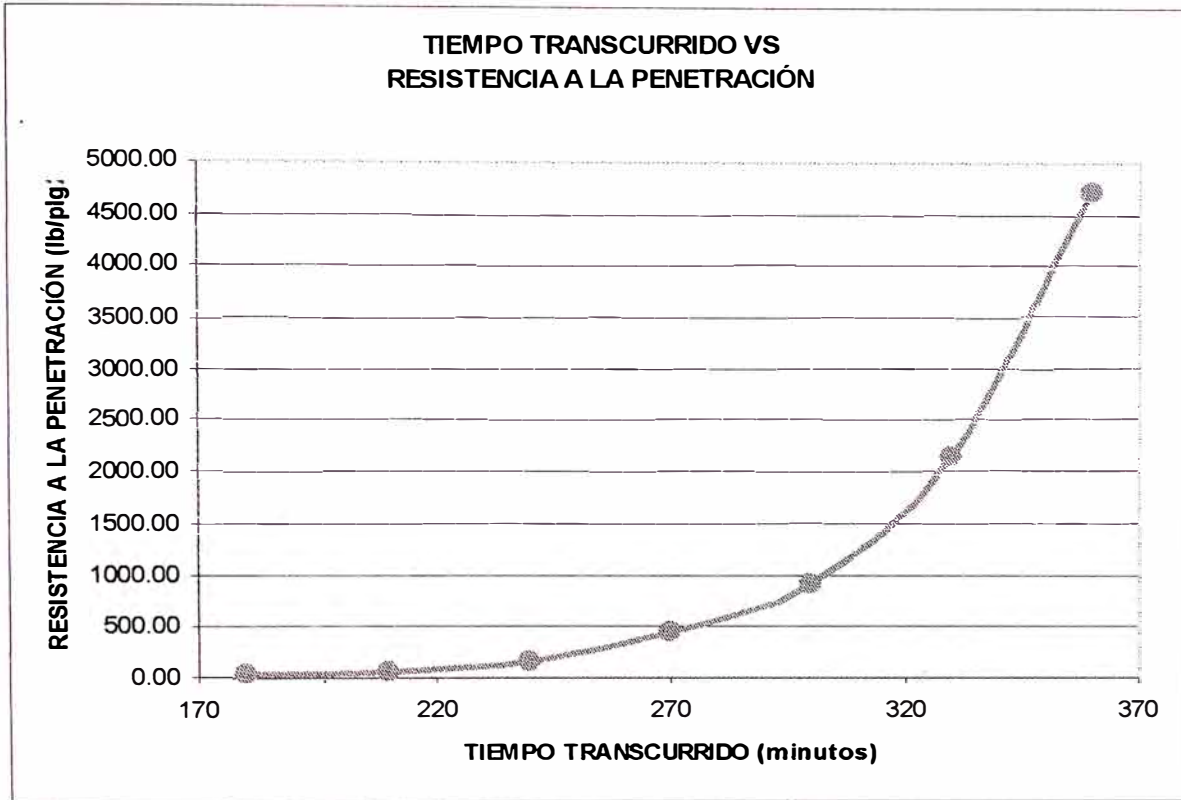


Gráfico 4.22 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.45

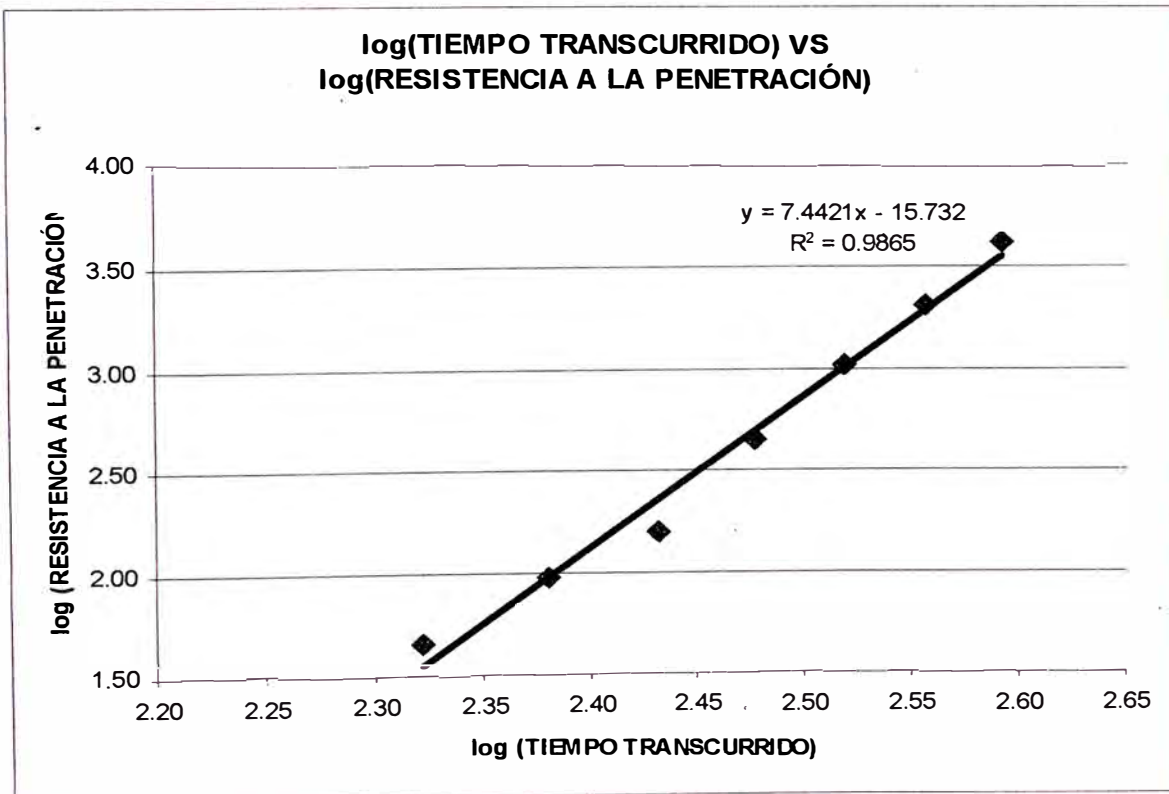


Gráfico 4.23 log Tiempo transcurrido vs log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.45

**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

<b>Cemento: QUISQUEYA Tipo I + ADITIVO - a/c:0.45</b>						
<b>Tiempo transcurrido</b>	<b>Diámetro aguja</b>	<b>Área aguja</b>	<b>Fuerza Aplicada</b>	<b>Resistencia Penetración</b>	<b>log(t)</b>	<b>log (RP)</b>
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
240	1 1/8"	0.9940	20	20.12	2.380211	1.303644
270	1 1/8"	0.9940	70	70.42	2.431364	1.847712
300	13/16"	0.5185	90	173.58	2.477121	2.239494
330	9/16"	0.2485	80	321.93	2.518514	2.507764
360	5/16"	0.0767	60	782.27	2.556303	2.893356
390	4/16"	0.0491	70	1425.66	2.591065	3.154017
420	3/16"	0.0276	80	2898.55	2.623249	3.462181
450	3/16"	0.0276	200	7246.38	2.653213	3.860121

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP) = 8.9338 \cdot \log(t) - 19.934$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9872

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 19.934}{8.9338} = \frac{\log(500) + 19.934}{8.9338} = 2.5334$$

$$t = \frac{341.51 \text{ minutos}}{5:41:31 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua inicial } RP=500)$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 19.934}{8.9338} = \frac{\log(4000) + 19.934}{8.9338} = 2.6345$$

$$t = \frac{431.02 \text{ minutos}}{7:11:01 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua final } RP=4000)$$

**Cuadro 4.29** Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.45

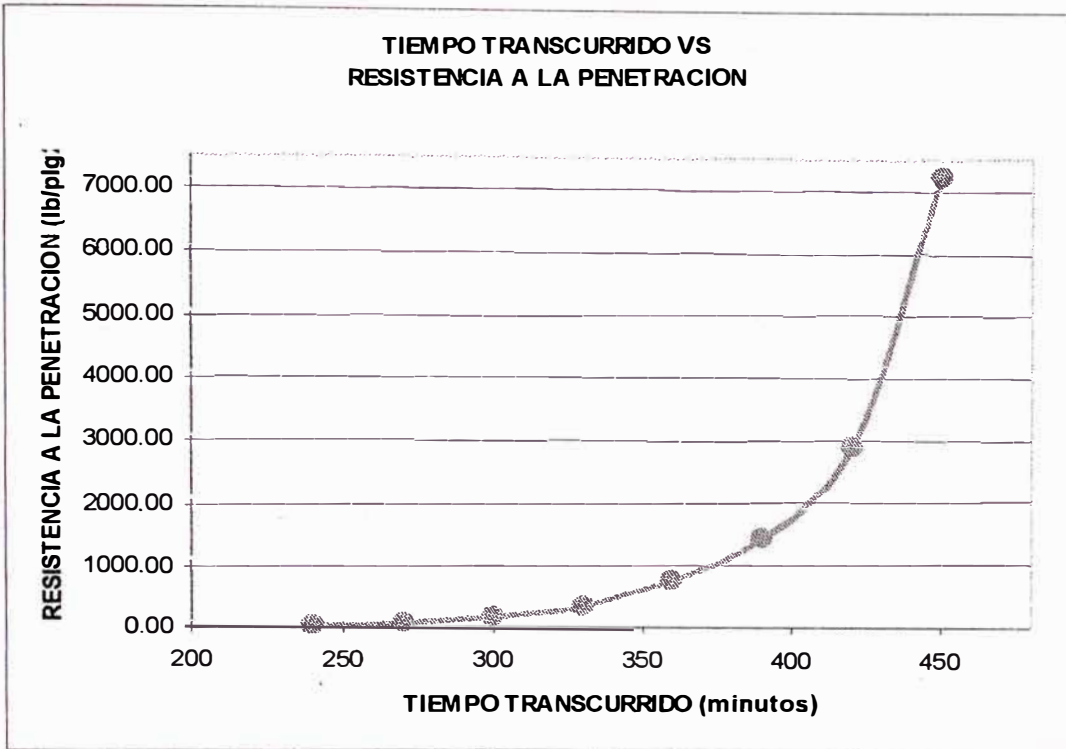


Gráfico 4.24 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya + 0.35% de aditivo y a/c 0.45.

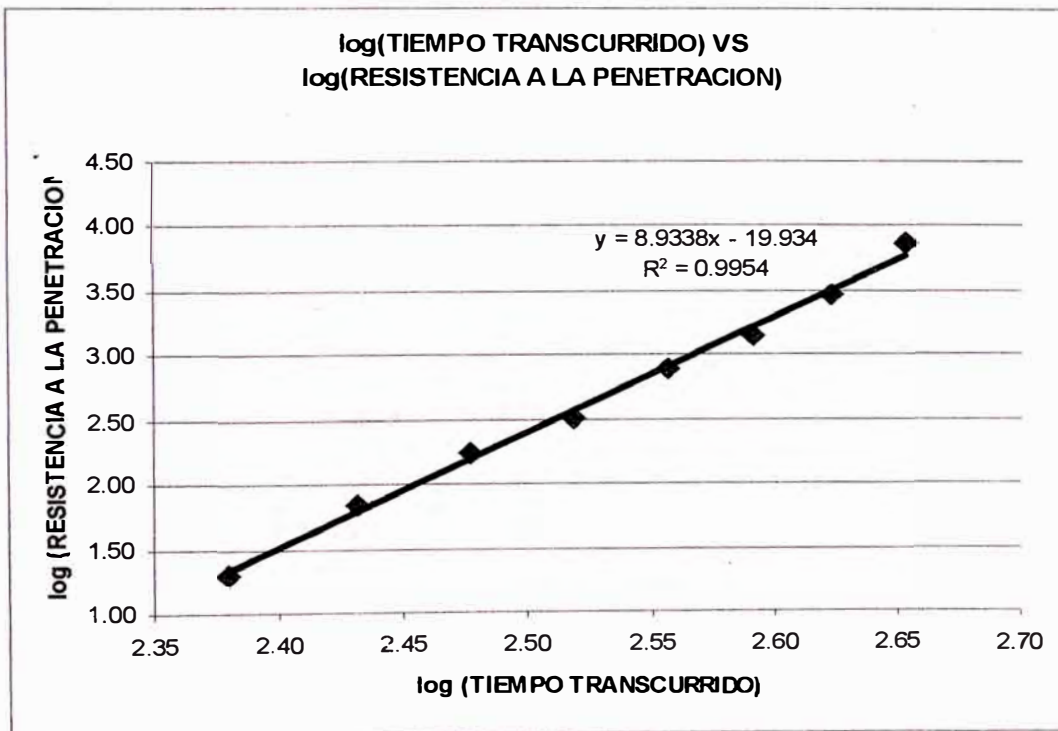


Gráfico 4.25 log Tiempo transcurrido vs log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.45

**TIEMPO DE FRAGUADO  
ASTM C403 - NTP 339.082**

Cemento: QUISQUEYA Tipo I - a/c:0.55						
Tiempo transcurrido	Diámetro aguja	Área aguja	Fuerza Aplicada	Resistencia Penetración	log(t)	log (RP)
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
180	1 1/8"	0.9940	25	25.15	2.255273	1.400554
210	1 1/8"	0.9940	50	50.30	2.322219	1.701584
240	1 1/8"	0.994	110	110.66	2.380211	2.044006
270	13/16"	0.5185	150	289.30	2.431364	2.461342
300	9/16"	0.2485	150	603.62	2.477121	2.780765
330	5/16"	0.0767	90	1173.40	2.518514	3.069447
360	4/16"	0.0491	135	2749.49	2.556303	3.439252
390	3/16"	0.0276	145	5253.62	2.591065	3.720459

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP)=7.0411 \cdot \log(t)-14.614$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9950

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+14.614}{7.0411} = \frac{\log(500)+14.614}{7.0411} = 2.4588$$

$$t = 287.64 \text{ minutos (fragua inicial RP=500)} \\ 4:47:38 \text{ (hh:mm:ss)}$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+14.614}{7.0411} = \frac{\log(4000)+14.614}{7.0411} = 2.5871$$

$$t = 386.46 \text{ minutos (fragua final RP=4000)} \\ 6:26:28 \text{ (hh:mm:ss)}$$

Cuadro 4.30 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.55

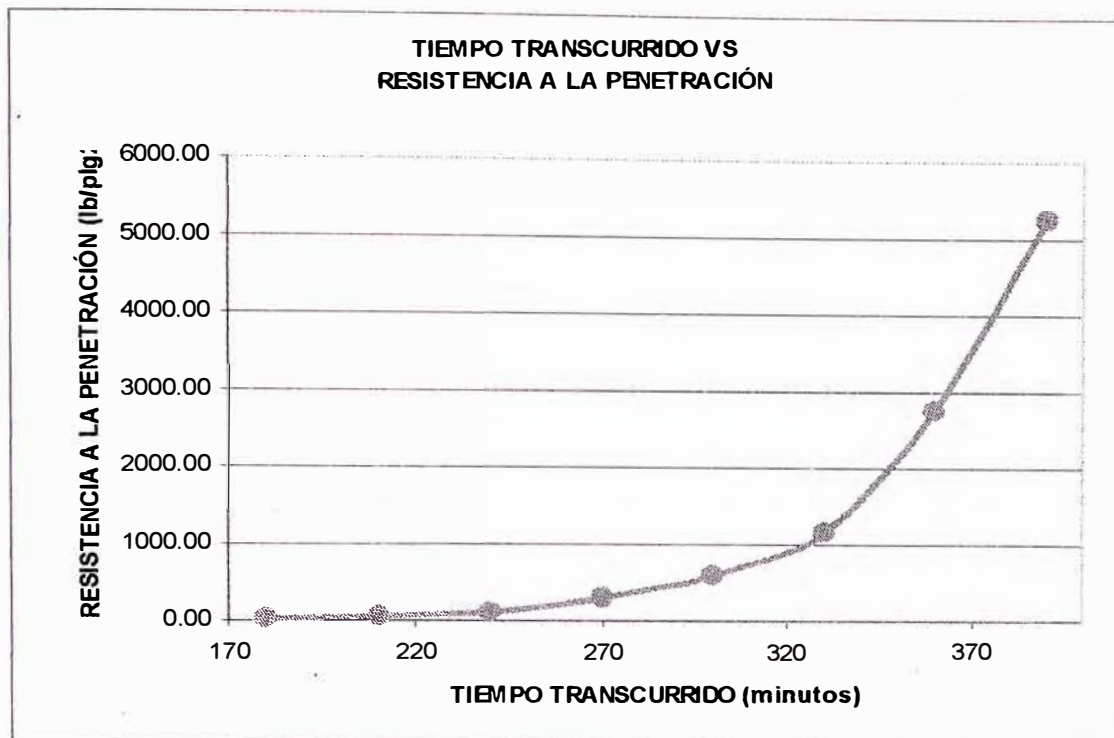


Gráfico 4.26 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.55.

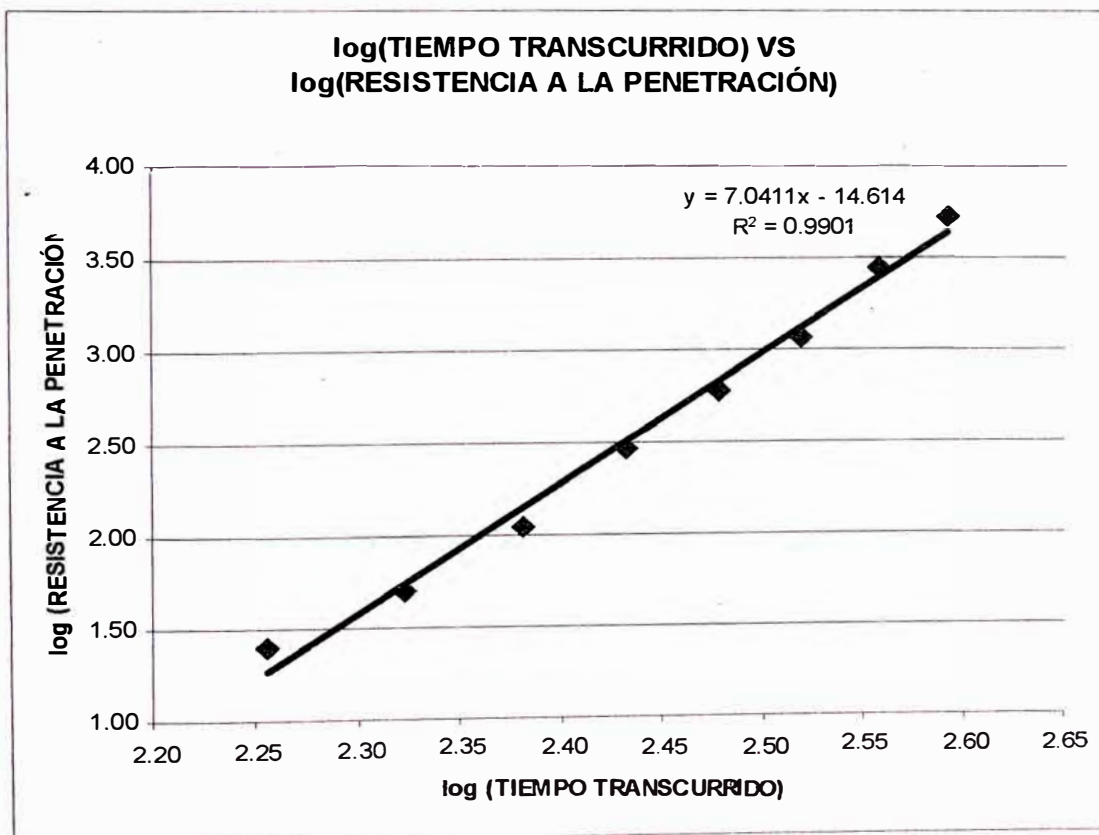


Gráfico 4.27 Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.55



**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

Cemento: SOL Tipo I - a/c:0.55						
Tiempo transcurrido	Diámetro aguja	Área aguja	Fuerza Aplicada	Resistencia Penetración	log(t)	log (RP)
(t) minutos	pulg	pulg2	lb	(RP) lb/pulg2		
240	1 1/8"	0.9940	80	80.48	2.380211	1.905704
300	13/16"	0.5185	150	289.30	2.477121	2.461342
330	9/16"	0.2485	130	523.14	2.518514	2.718617
360	5/16"	0.0767	80	1043.02	2.556303	3.018295
390	4/16"	0.0491	130	2647.66	2.591065	3.422862
420	3/16"	0.0276	120	4347.83	2.623249	3.638272

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP) = 7.228 \cdot \log(t) - 15.385$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9910

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 15.385}{7.228} = \frac{\log(500) + 15.385}{7.228} = 2.5019$$

$$t = 317.64 \text{ minutos (fragua inicial RP=500)}$$

$$5:17:38 \text{ (hh:mm:ss)}$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 15.385}{7.228} = \frac{\log(4000) + 15.385}{7.228} = 2.6269$$

$$t = 423.52 \text{ minutos (fragua final RP=4000)}$$

$$7:03:31 \text{ (hh:mm:ss)}$$

**Cuadro 4.31 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.55**

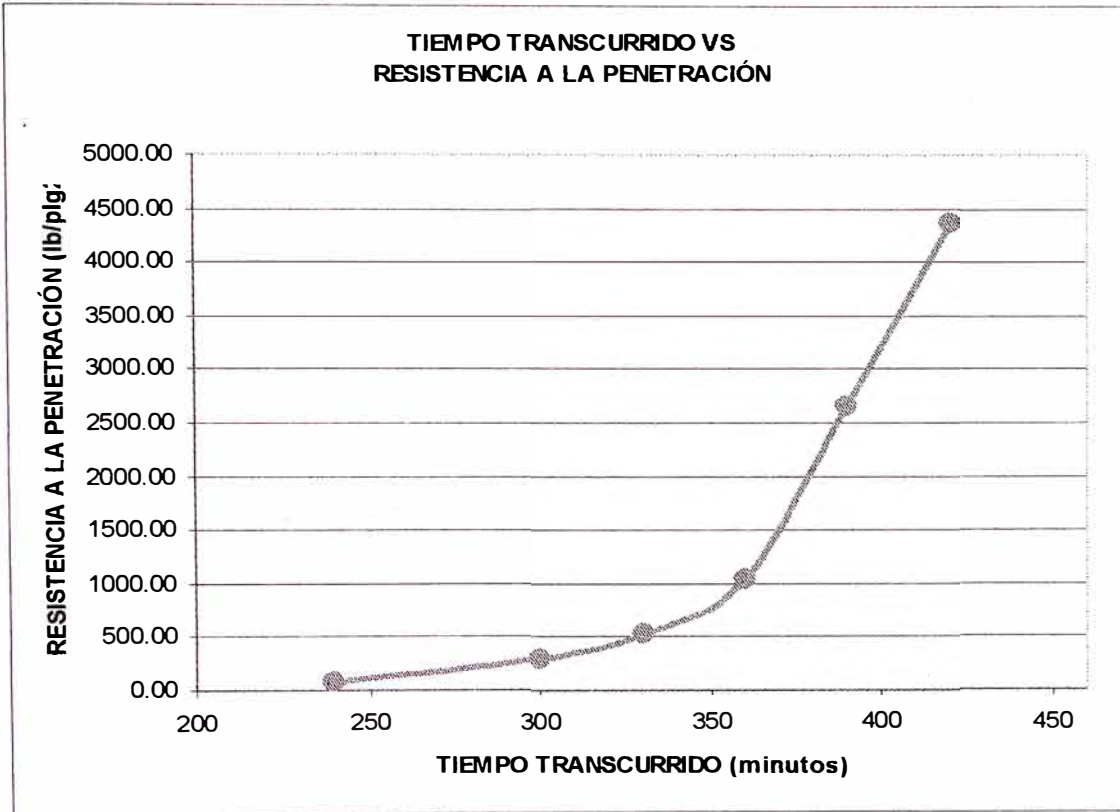


Gráfico 4.28 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.55

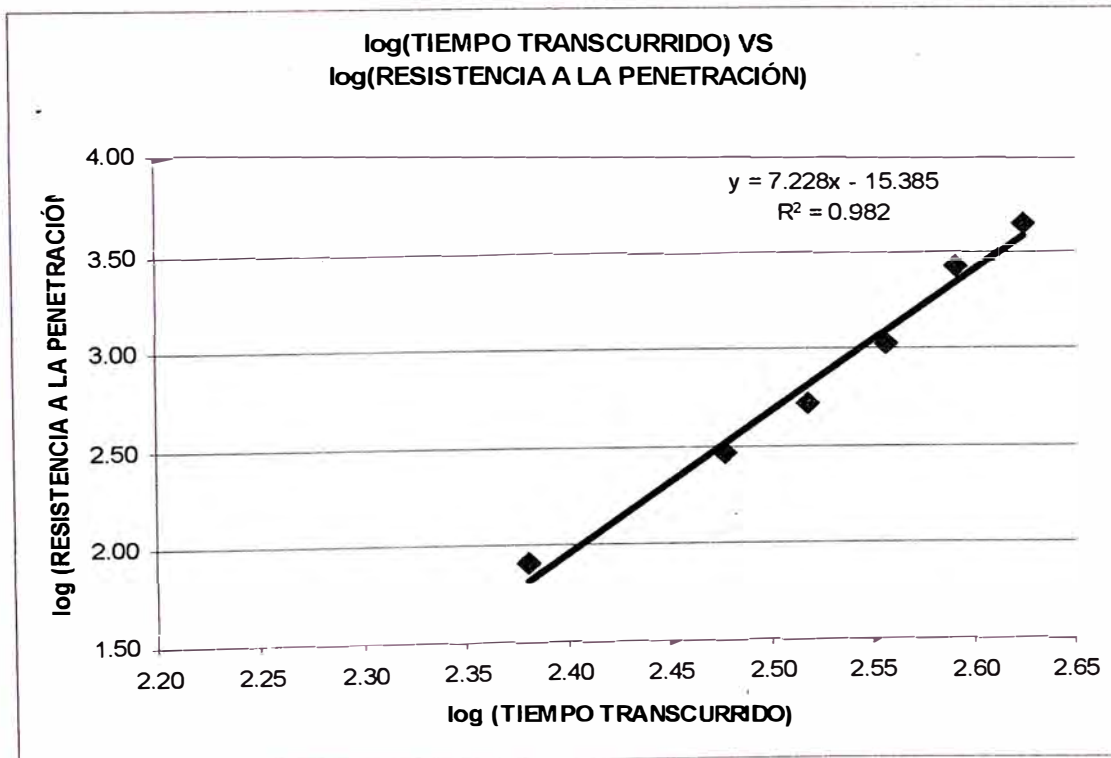


Gráfico 4.29 Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.55

**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

<b>Cemento: QUISQUEYA Tipo I + ADITIVO - a/c:0.55</b>						
<b>Tiempo transcurrido</b>	<b>Diámetro aguja</b>	<b>Área aguja</b>	<b>Fuerza Aplicada</b>	<b>Resistencia Penetración</b>	<b>log(t)</b>	<b>log (RP)</b>
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
260	1 1/8"	0.9940	20	20.12	2.414973	1.303644
290	1 1/8"	0.9940	50	50.30	2.462398	1.701584
320	13/16"	0.2485	50	201.21	2.505150	2.303644
350	9/16"	0.0767	30	391.13	2.544068	2.592326
380	5/16"	0.0491	35	712.83	2.579784	2.852987
410	4/16"	0.0491	80	1629.33	2.612784	3.212008
440	3/16"	0.0276	105	3804.35	2.643453	3.580280
470	3/16"	0.0276	180	6521.74	2.672098	3.814363

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

**log(RP)=9.7826\*log(t)-22.318**

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9953

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 22.318}{9.7826} = \frac{\log(500) + 22.318}{9.7826} = 2.5573$$

**t= 360.82 minutos (fragua inicial RP=500)**  
**6:00:49 (hh:mm:ss)**

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 22.318}{9.7826} = \frac{\log(4000) + 22.318}{9.7826} = 2.6496$$

**t= 446.28 minutos (fragua final RP=4000)**  
**7:26:17 (hh:mm:ss)**

**Cuadro 4.32 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.55**

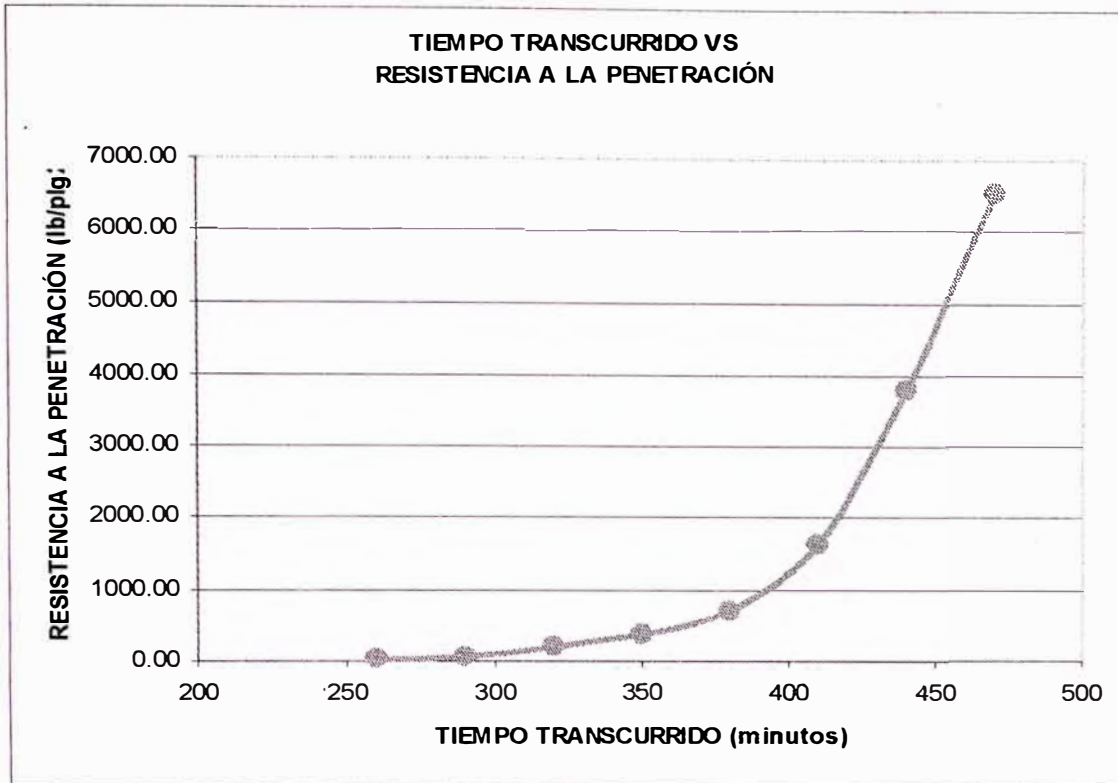


Gráfico 4.30 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya + 0.35% de aditivo y a/c 0.55

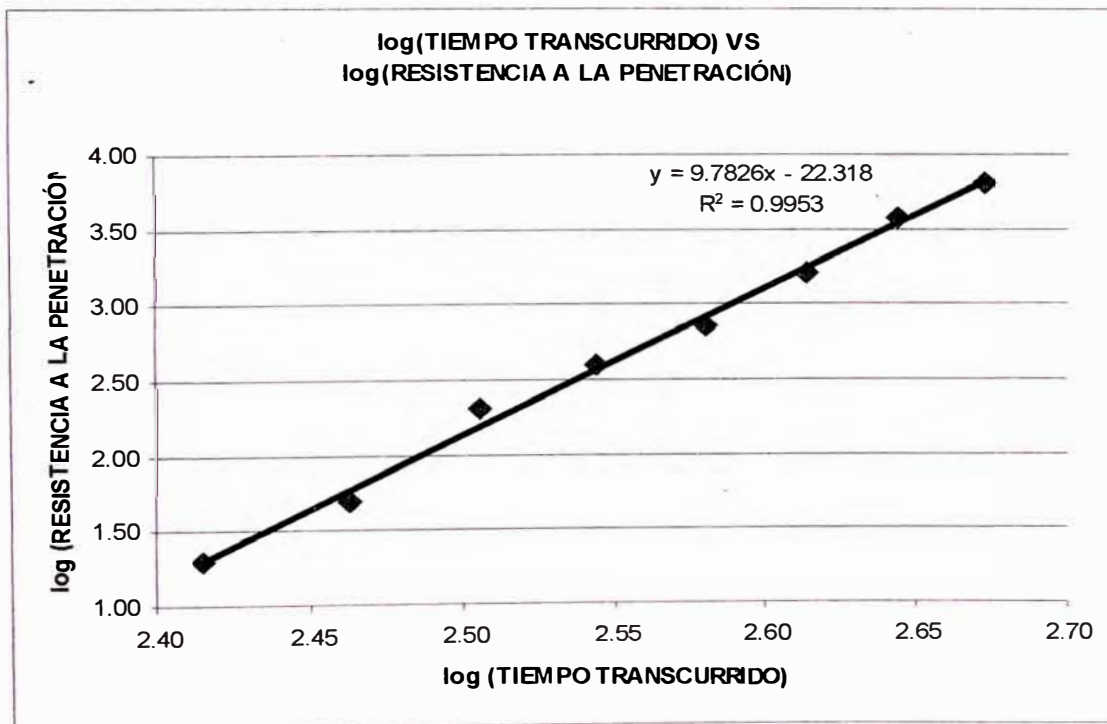


Gráfico 4.31 log tiempo transcurrido vs log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.55

**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

<b>Cemento: QUISQUEYA Tipo I - a/c:0.60</b>						
<b>Tiempo transcurrido</b>	<b>Diámetro aguja</b>	<b>Área aguja</b>	<b>Fuerza Aplicada</b>	<b>Resistencia Penetración</b>	<b>log(t)</b>	<b>log (RP)</b>
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
240	1 1/8"	0.9940	80	80.48	2.380211	1.905704
270	1 1/8"	0.9940	200	201.21	2.431364	2.303644
300	13/16"	0.5185	220	424.30	2.477121	2.627674
330	9/16"	0.2485	205	824.95	2.518514	2.916427
360	5/16"	0.0767	150	1955.67	2.556303	3.291296
390	3/16"	0.0276	100	3623.19	2.591065	3.559091
420	3/16"	0.0276	160	5797.10	2.623249	3.763211

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP) = 7.7496 \cdot \log(t) - 16.551$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9990

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 16.551}{7.7496} = \frac{\log(500) + 16.551}{7.7496} = 2.4840$$

$$t = \frac{304.79 \text{ minutos}}{5:04:47 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua inicial } RP=500)$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 16.551}{7.7496} = \frac{\log(4000) + 16.551}{7.7496} = 2.6005$$

$$t = \frac{398.59 \text{ minutos}}{6:38:35 \text{ (hh:mm:ss)}} \quad (\text{fragua final } RP=4000)$$

**Cuadro 4.33 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya y a/c 0.60**

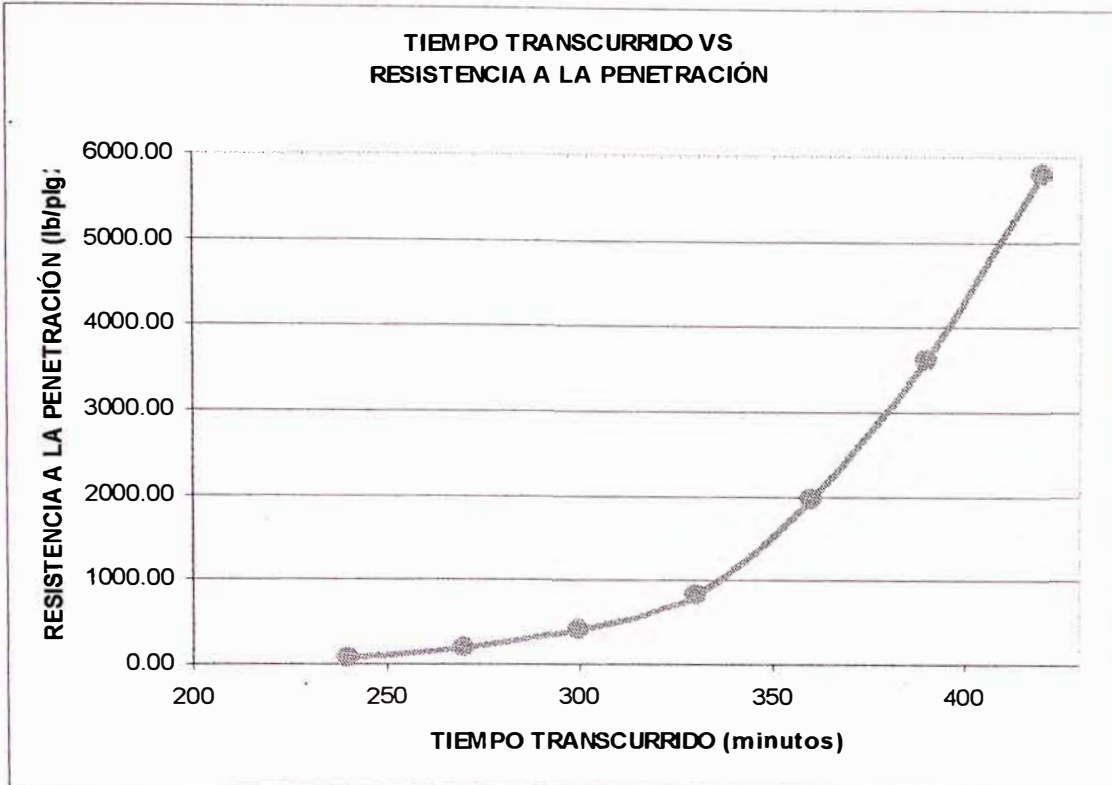


Gráfico 4.32 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.60.

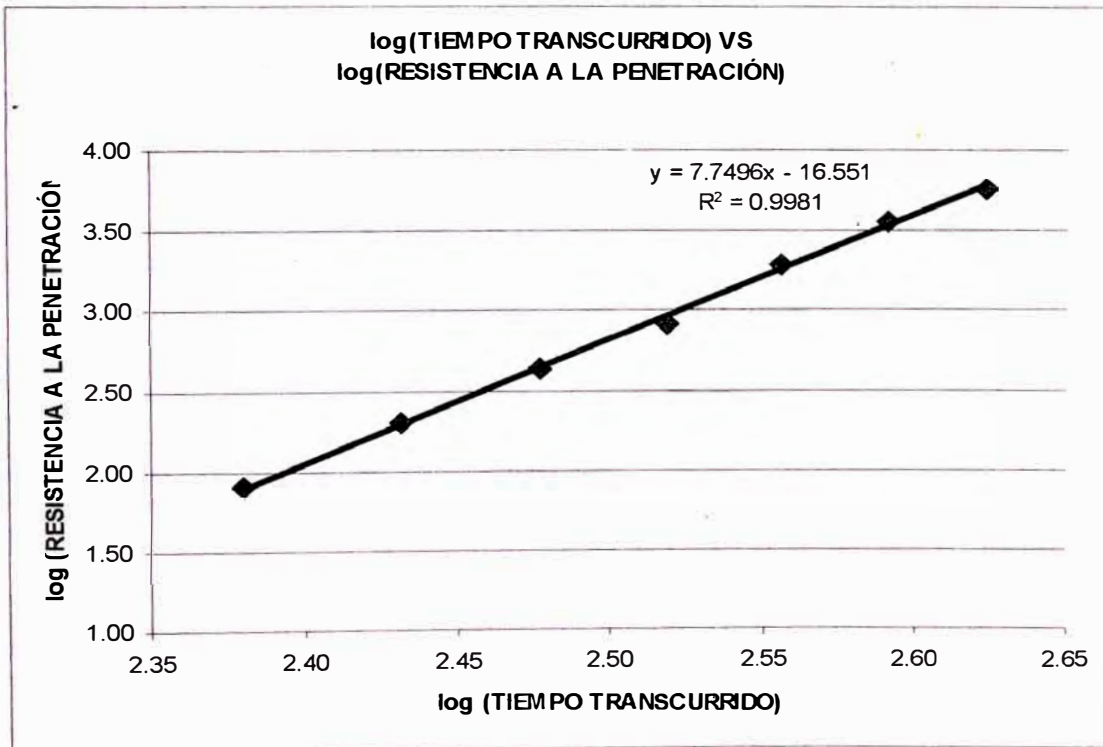


Gráfico 4.33 Log Tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya y a/c 0.60

**TIEMPO DE FRAGUADO**  
**ASTM C403 - NTP 339.082**

Cemento: SOL Tipo I - a/c:0.60						
Tiempo transcurrido	Diámetro aguja	Área aguja	Fuerza Aplicada	Resistencia Penetración	log(t)	log (RP)
(t) minutos	pulg	pulg2	lb	(RP) lb/pulg2		
240	1 1/8"	0.9940	30	30.18	2.380211	1.479735
300	1 1/8"	0.9940	140	140.85	2.477121	2.148742
330	13/16"	0.5185	165	318.23	2.518514	2.502735
360	9/16"	0.2485	125	503.02	2.556303	2.701584
390	5/16"	0.0767	90	1173.40	2.591065	3.069447
420	4/16"	0.0491	115	2342.16	2.623249	3.369616
450	3/16"	0.0276	140	5072.46	2.653213	3.705219

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP)=8.0381 \cdot \log(t)-17.728$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9951

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+17.728}{8.0381} = \frac{\log(500)+17.728}{8.0381} = 2.5413$$

$$t = 347.75 \text{ minutos (fragua inicial RP=500)}$$

$$5:47:45 \text{ (hh:mm:ss)}$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP)+17.728}{8.0381} = \frac{\log(4000)+17.728}{8.0381} = 2.6536$$

$$t = 450.42 \text{ minutos (fragua final RP=4000)}$$

$$7:30:25 \text{ (hh:mm:ss)}$$

**Cuadro 4.34 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Sol y a/c 0.60**

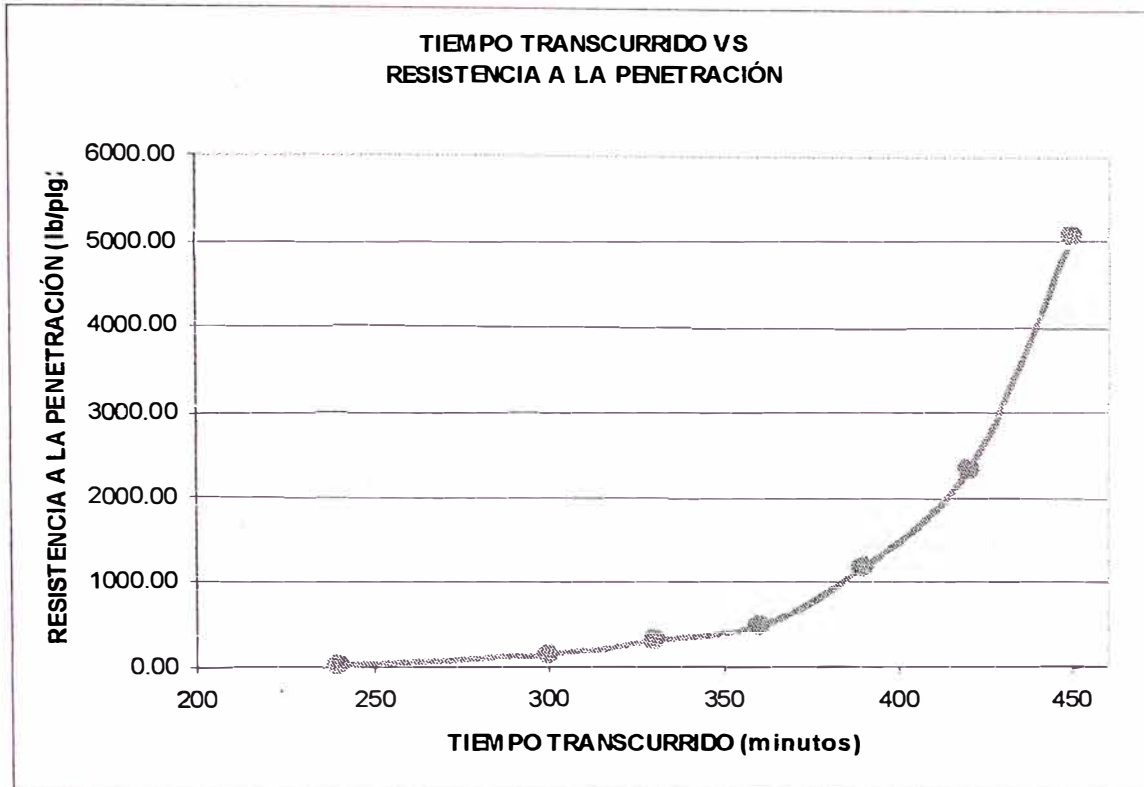


Gráfico 4.34 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.60

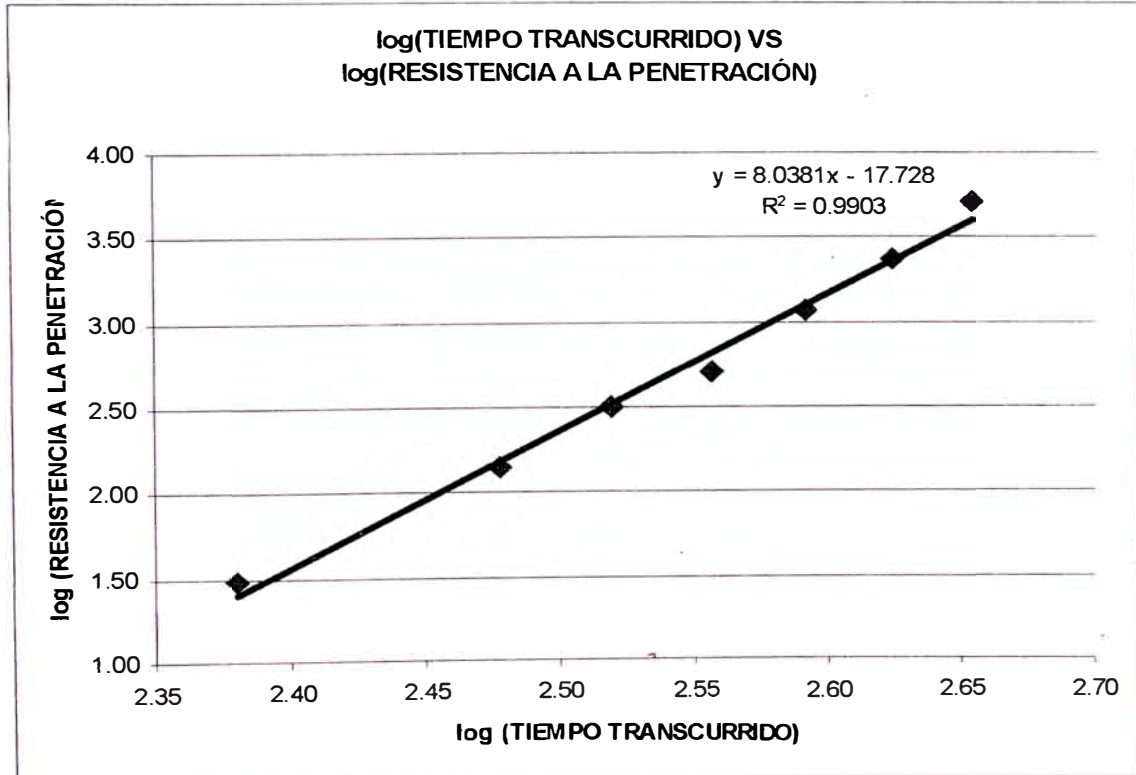


Gráfico 4.35 log Tiempo transcurrido vs log resistencia a la penetración con cemento Sol y a/c 0.60



**TIEMPO DE FRAGUADO  
ASTM C403 - NTP 339.082**

<b>Cemento: QUISQUEYA Tipo I + ADITIVO - a/c:0.60</b>						
<b>Tiempo transcurrido</b>	<b>Diámetro aguja</b>	<b>Área aguja</b>	<b>Fuerza Aplicada</b>	<b>Resistencia Penetración</b>	<b>log(t)</b>	<b>log (RP)</b>
(t) minutos	pulg	pulg <sup>2</sup>	lb	(RP) lb/pulg <sup>2</sup>		
270	1 1/8"	0.9940	15	15.09	2.431364	1.178705
300	1 1/8"	0.9940	45	45.27	2.477121	1.655826
330	1 1/8"	0.994	120	120.72	2.518514	2.081795
360	13/16"	0.5185	110	212.15	2.556303	2.326644
390	9/16"	0.2485	140	563.38	2.591065	2.750802
420	5/16"	0.0767	130	1694.92	2.623249	3.229148
450	4/16"	0.0491	160	3258.66	2.653213	3.513038
480	3/16"	0.0276	145	5253.62	2.681241	3.720459

luego:

haciendo análisis de regresión lineal entre los logaritmos de Resistencia a la Penetración y Tiempo transcurrido tenemos

$$\log(RP) = 10.369 \cdot \log(t) - 24.054$$

RP= Resistencia a la Penetración

t= tiempo transcurrido

R= coeficiente de correlación= 0.9990

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 24.054}{10.369} = \frac{\log(500) + 24.054}{10.369} = 2.5801$$

$$t = 380.27 \text{ minutos (fragua inicial RP=500)}$$

$$6:20:16 \text{ (hh:mm:ss)}$$

$$\log(t) = \frac{\log(RP) + 24.054}{10.369} = \frac{\log(4000) + 24.054}{10.369} = 2.6672$$

$$t = 464.72 \text{ minutos (fragua final RP=4000)}$$

$$7:44:43 \text{ (hh:mm:ss)}$$

Cuadro 4.35 Tiempo de fraguado inicial y final para diseño empleando cemento Quisqueya+0.35% aditivo y a/c 0.60

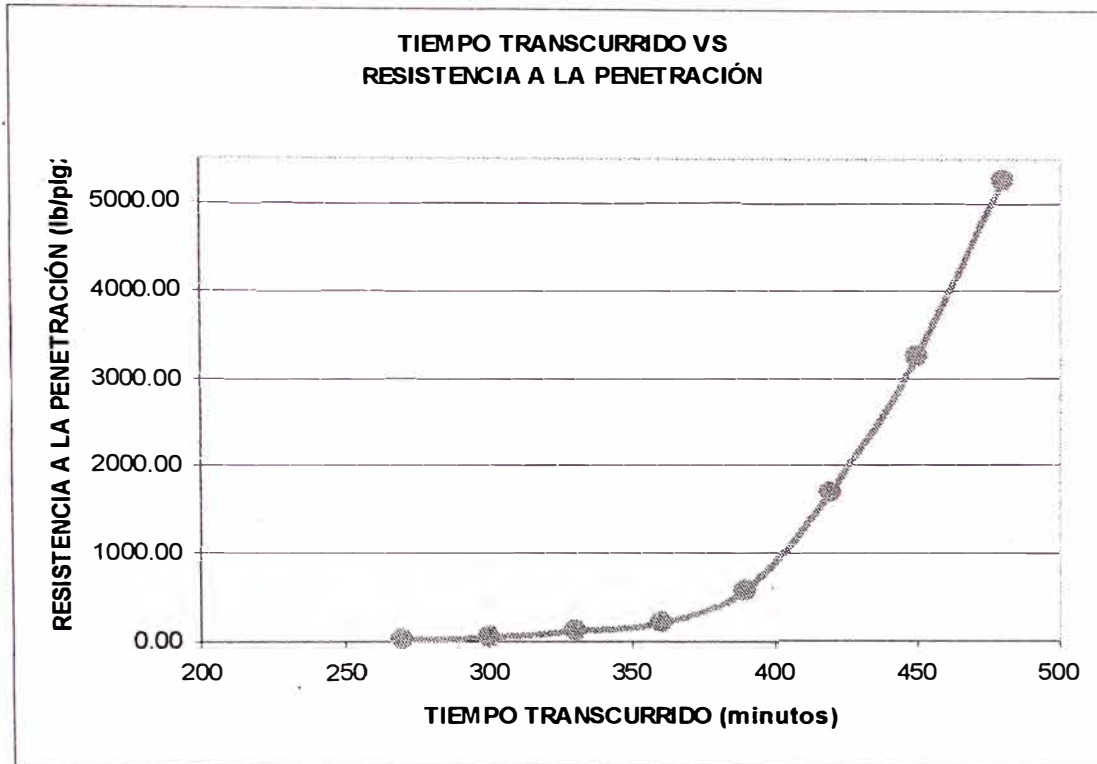


Gráfico 4.36 Tiempo transcurrido vs resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.60.

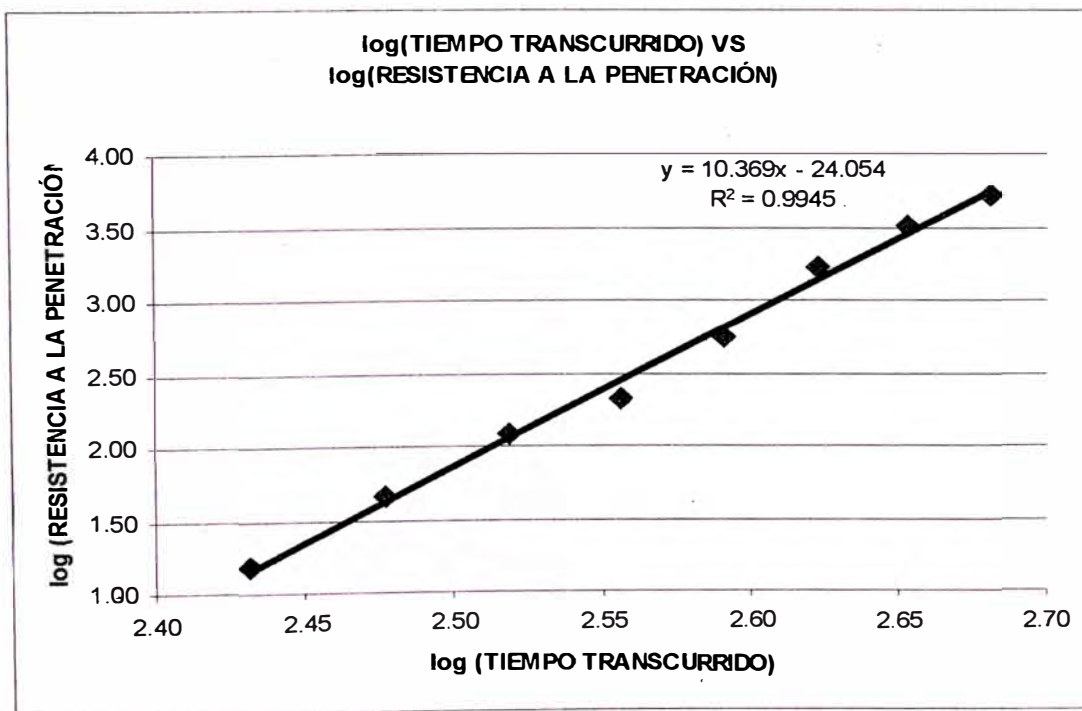


Gráfico 4.37 Log tiempo transcurrido vs Log resistencia a la penetración con cemento Quisqueya +0.35% de aditivo y a/c 0.60.

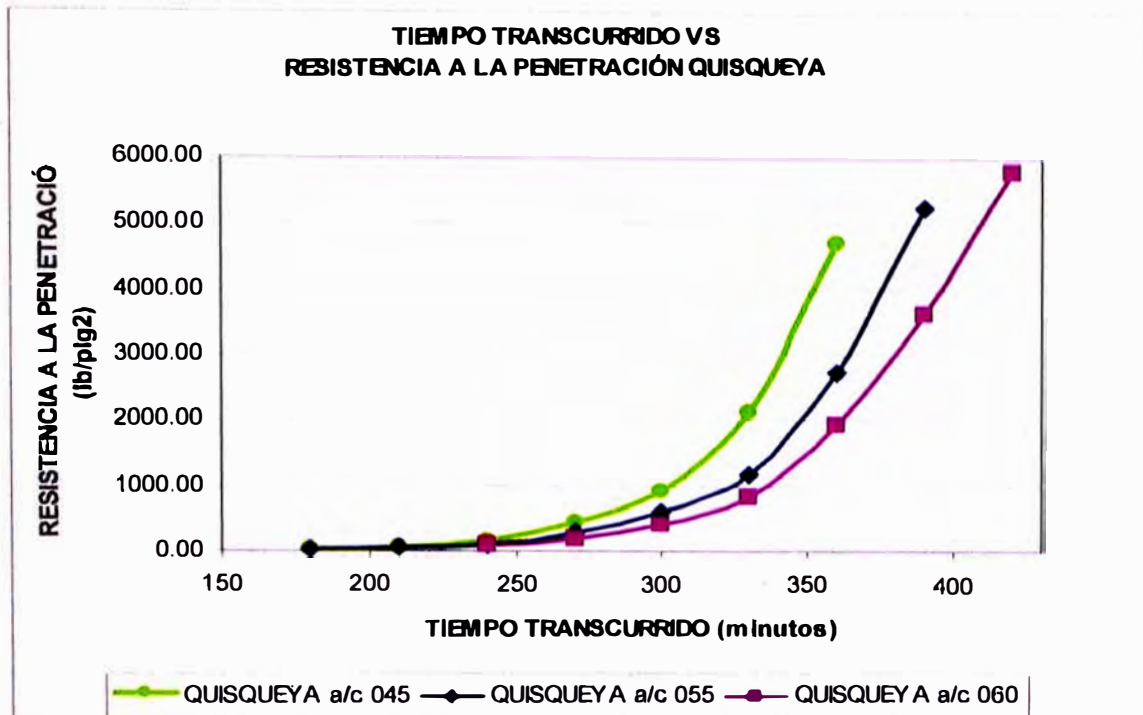


Gráfico 4.38 Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento Quisqueya

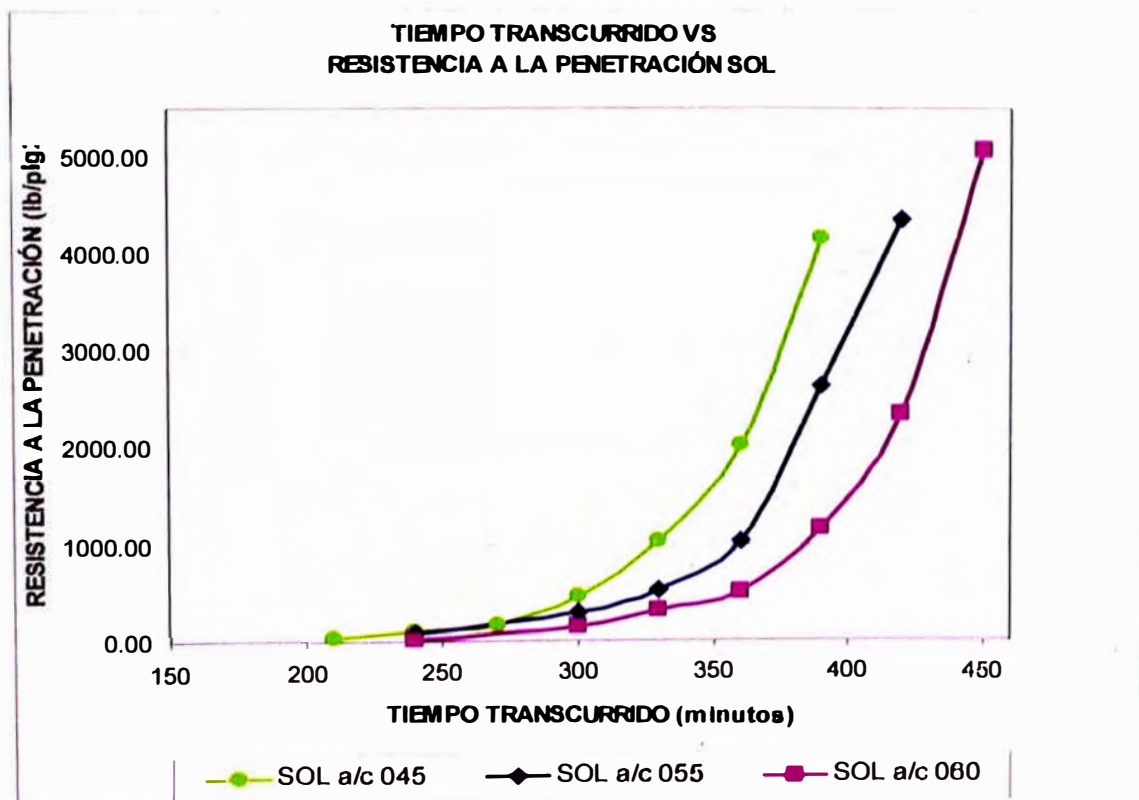


Gráfico 4.39 Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento Sol.

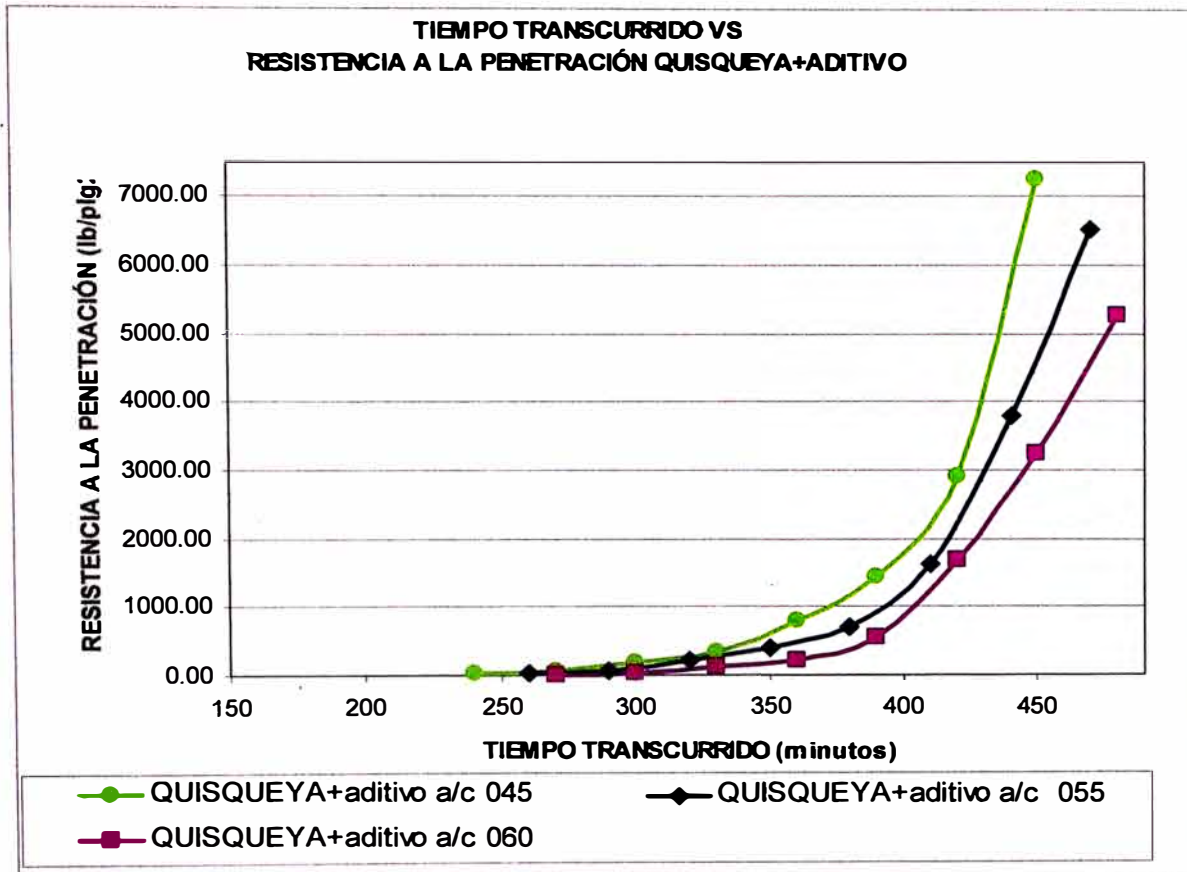


Gráfico 4.40 Comparación entre los tiempos transcurridos y la resistencia a la penetración para diseños con cemento quisqueya + 0.35% de aditivo.

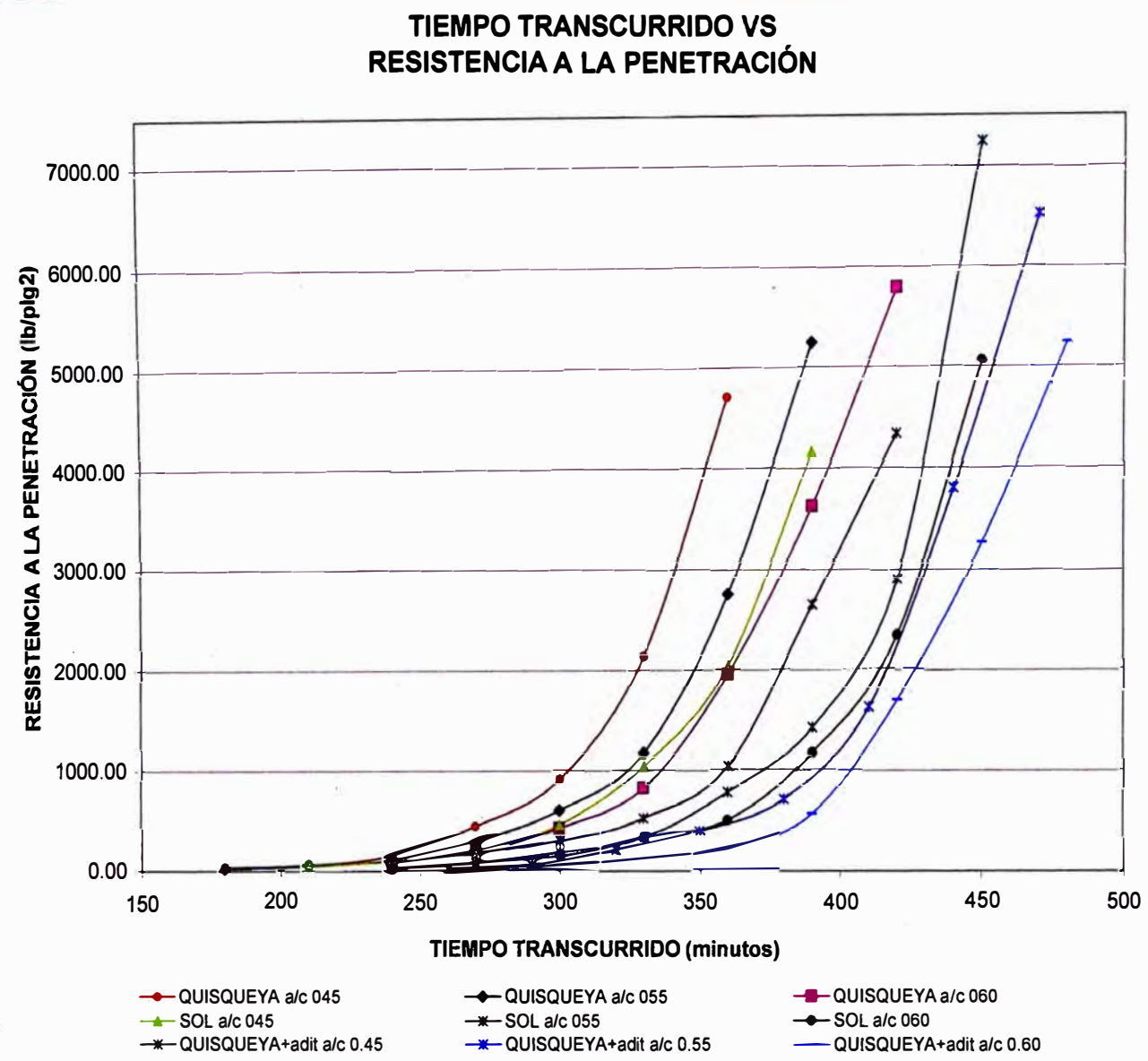


Gráfico 4.40A.- Tiempo transcurrido versus resistencia a la penetración para todos los diseños.

i. Temperatura del concreto

Normas ensayadas: NTP 339.184 - ASTM C1064

En condiciones extremas de calor o frío, el concreto debe ser:

Manejado, colocado, compactado, acabado y curado cuidadosamente. Las condiciones extremas de calor o frío principalmente causan problemas de agrietamiento

En el momento de la hidratación de la pasta de concreto, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los "dientes" de un cierre. Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados.

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de concreto se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece a aproximadamente 20 °C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es de más de 10 por ciento cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasa de 20 a 30 °C

En clima frío, el agua congelada o muy fría demora el tiempo de fraguado, lo que puede causar costosos retrasos.

El concreto a muy bajas temperaturas el agua se convierte en hielo. Se expande y puede agrietar el concreto endurecido. Para evitar esto se podría mantener todos los materiales calientes, cubrir el encofrado para mantenerlos libres del frío, usar aditivos aceleradores de fragua, mantener el concreto por encima de los 10 °C los primeros días, curar el concreto cuidadosamente para mantenerlo tibio, se podría usar aditivo incluso de aire para prolongar durabilidad a largo plazo. El ensayo se realizó siguiendo la norma en mención y se obtuvo:

### TEMPERATURA DEL CONCRETO

Normas ensayadas: NTP 339.184 - ASTM C1064

TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN a/c	TEMPERATURA (°C)		VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO EN EL TIEMPO (°C)					
		LABORATORIO	AGUA	1min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min
QUISQUEYA TIPO I	0.45	22.10	24.50	23.00	23.30	23.50	23.70	23.70	23.70
	0.55	22.00	24.20	24.20	24.40	24.60	24.80	24.80	24.80
	0.60	22.20	24.90	24.30	24.60	25.00	25.00	25.00	25.00
SOL TIPO I	0.45	21.40	24.70	23.70	24.00	24.30	24.50	24.50	24.50
	0.55	23.80	25.00	24.20	24.50	24.70	24.70	24.70	24.70
	0.60	21.00	24.00	22.50	22.70	23.10	23.10	23.10	23.10
QUISQUEYA TIPO I + ADITIVO	0.45	21.00	23.40	23.20	23.40	23.80	23.80	23.80	23.80
	0.55	21.60	23.20	22.80	23.10	23.40	23.40	23.40	23.40
	0.60	21.70	23.20	23.00	23.20	23.30	23.50	23.50	23.50

Cuadro 4.35A Variación de la temperatura del concreto fresco en el tiempo para los diseños de mezcla empleados

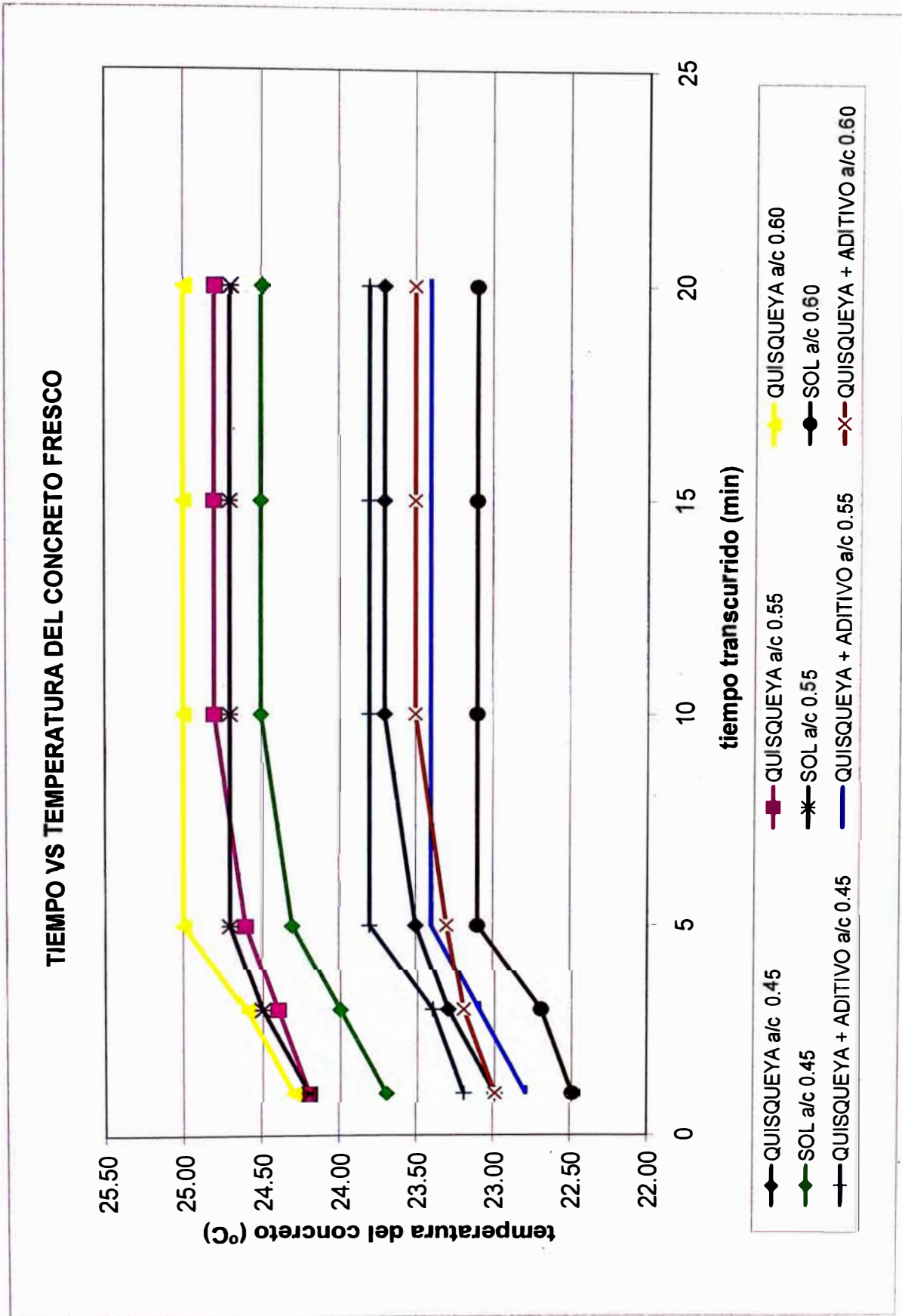


Grafico 4.41 Variación de la temperatura en función del tiempo para los diseños de mezcla empleados.



Según la NTP 339.114 el concreto entregado en clima frío tendrá la temperatura mínima que se indica abajo. (El comprador informará al fabricante sobre el tipo de construcción para el cual se diseñó el concreto).

Temperatura Mínima del Concreto para Vaciado en Clima Frío:

Tamaño de la Sección mm (pulg)	Temperatura Mínima °C
< 300 (< 12)	13
300 - 900 (12 - 36)	10
900 - 1800 (36 - 72)	7
>1800 (>72)	5

La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no excederá de 32 °C en ningún instante durante su producción o transporte.

En climas cálidos, el productor enviará el concreto premezclado, a la temperatura más baja posible, sujeta a la aprobación del comprador.

## j. Ph del concreto

En concreto armado, es el acero de refuerzo o armadura el componente metálico embebido en la masa de concreto que le proporciona resistencia a la tracción. Cuando el concreto se prepara correctamente, debido a su elevado pH (12.5 a 13.5 aproximadamente) mantiene a las armaduras en estado pasivo, garantizando una protección química que prolonga su vida útil. Por otro lado, el concreto supone un impedimento físico a la penetración por difusión de oxígeno, humedad, cloruros, anhídrido carbónico y otras sustancias agresivas hasta la superficie del acero. Cuando estas condiciones no se satisfacen, el concreto se hace más permeable a agentes agresivos que ocasionan problemas de corrosión y causan su pronto deterioro.

Los agentes corrosivos como por ejemplo los cloruros pueden estar presentes desde el inicio en la mezcla de concreto fresco (disueltos en los agregados, en los aditivos o en el agua), por lo que el ph de concreto tienda a bajar y por ende el acero de refuerzo tienda a corroerse.

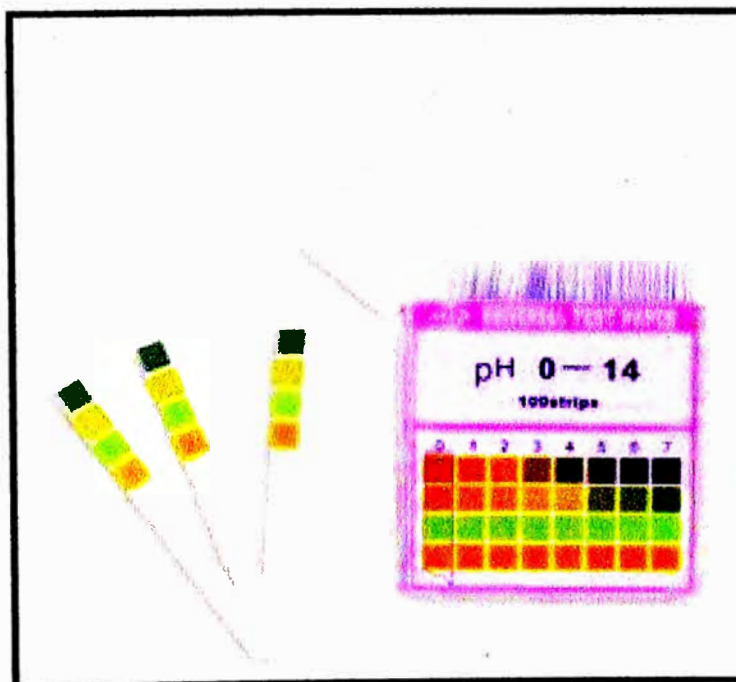


Figura 4.6 Papel indicador de ph, usado para verificar el grado de alcalinidad del concreto fresco.

El papel indicador de ph, el cual se usó para medir el nivel de alcalinidad del concreto en estado fresco, al poner en contacto este papel indicador con una parte húmeda del concreto fresco, automáticamente cambió de color y se midió el ph comparando los colores del papel húmedo con la cartilla de colores presente en la caja. La imagen se puede apreciar en los Anexos.

## 4.7. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

### a. Impermeabilidad

El concreto empleado en estructuras que retengan agua o que estén expuestas a mal tiempo o a otras condiciones de exposición severa debe ser virtualmente impermeable y hermético. La hermeticidad se define a menudo como la capacidad del concreto de refrenar o retener el agua sin escapes visibles. La permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.).

Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto menos permeable también lo vuelven más hermético.

La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado la disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la restauración, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ión cloruro.

La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto. La permeabilidad de la pasta depende de la relación Agua - Cemento y del agregado de hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un concreto de baja permeabilidad requiere de una relación Agua - Cemento baja y un período de curado húmedo adecuado. Inclusión de aire ayuda a la hermeticidad aunque tiene un efecto mínimo sobre la permeabilidad aumenta con el secado.

La permeabilidad de una pasta endurecida madura mantuvo continuamente rangos de humedad de  $0.1 \times 10^{-12}$  cm por seg. para relaciones Agua - Cemento que variaban de 0.3 a 0.7. La permeabilidad de rocas comúnmente utilizadas como agregado para concreto varía desde aproximadamente  $1.7 \times 10^{-9}$  hasta

$3.5 \times 10^{-13}$  cm por seg. La permeabilidad de un concreto maduro de buena calidad es de aproximadamente  $1 \times 10^{-10}$  cm por seg.

Las relaciones Agua - Cemento bajas también reducen la segregación y el sangrado, contribuyendo adicionalmente a la hermeticidad. Para ser hermético, el concreto también debe estar libre de agrietamientos y de celdillas. Ocasionalmente el concreto poroso -concreto sin finos que permite fácilmente el flujo de agua a través de sí mismo- se diseña para aplicaciones especiales. En estos concretos, el agregado fino se reduce grandemente o incluso se remueve totalmente produciendo un gran volumen de huecos de aire. El concreto poroso ha sido utilizado en canchas de tenis, pavimentos, lotes para estacionamientos, invernaderos estructuras de drenaje. El concreto excluido de finos también se ha empleado en edificios a sus propiedades de aislamiento térmico.

#### b. Durabilidad

Entendiendo como durabilidad del concreto a la habilidad del material para resistir las acciones del medioambiente, ataques físicos, químicos u otros procesos de deterioro durante el ciclo de vida para el cual fue proyectado con mínimo mantenimiento, resulta evidente que una estructura mantenga adecuadas condiciones de servicio durante el período de diseño debe estar adecuadamente proyectada y construida, utilizando los materiales adecuados. Es por eso que resulta fundamental un minucioso estudio durante la etapa de proyecto de las cargas actuantes sobre la estructura y las condiciones de agresividad a las que estará expuesta, incluyéndose dentro de éstas la erosión, la acción del ambiente, el ataque químico y todos aquellos otros procesos de deterioro que puedan afectar al concreto y/o la armadura. Una vez conocidas las condiciones de agresividad, se deberá diseñar una estructura que posea las dimensiones, espesores de recubrimientos, calidad de concreto y, en ocasiones, protecciones adicionales cuando el grado de agresividad resulta muy importante.

#### c. Resistencia a la compresión

Normas a consultar: NTP 339.034 - ASTM C39

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia

medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f' c$ . Para de terminar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas a especímenes de mortero o de concreto.

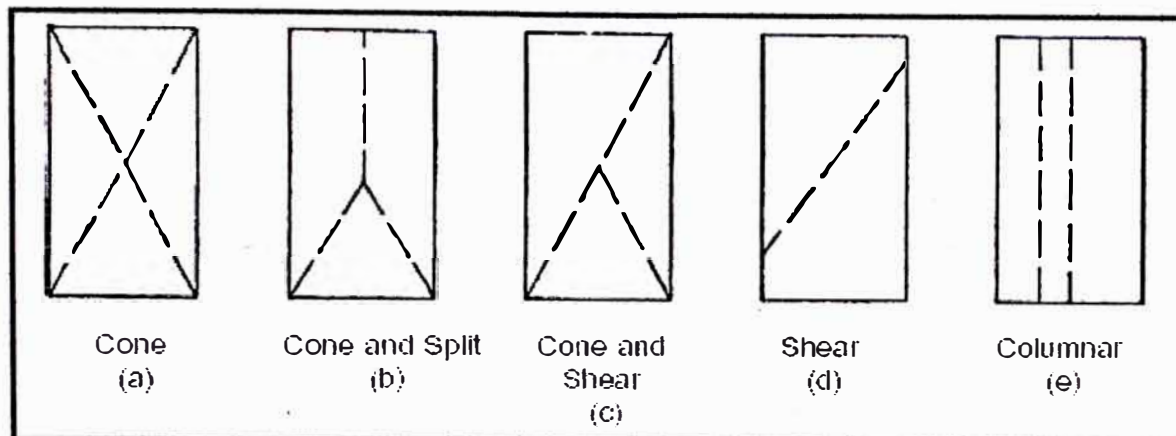


Figura 4.7 Diferentes tipos de fractura después del ensayo a compresión.

Fuente: ASTM C39<sup>3</sup>

El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de cuando menos 420  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , una resistencia de 1,400  $\text{kg}/\text{cm}^2$  se ha llegado a utilizar en aplicaciones de construcción.

Para realizar el ensayo se siguió el procedimiento de la norma en mención así como las normas siguientes:

NTP 400.002	Materiales de construcción. Terminología y definición.
NTP 339.036	Hormigón (concreto). Toma de muestras de hormigón fresco.
NTP 339.033	Hormigón (concreto). Método para la elaboración y curado de probeta cilíndrica de hormigón en obra.
NTP 339.034	Hormigón (concreto). Método de ensayo a la compresión de probetas de hormigón (concreto).

NTP 821.003                    Unidades de medida, símbolos y definiciones principales.

NTP 339.035                    Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.

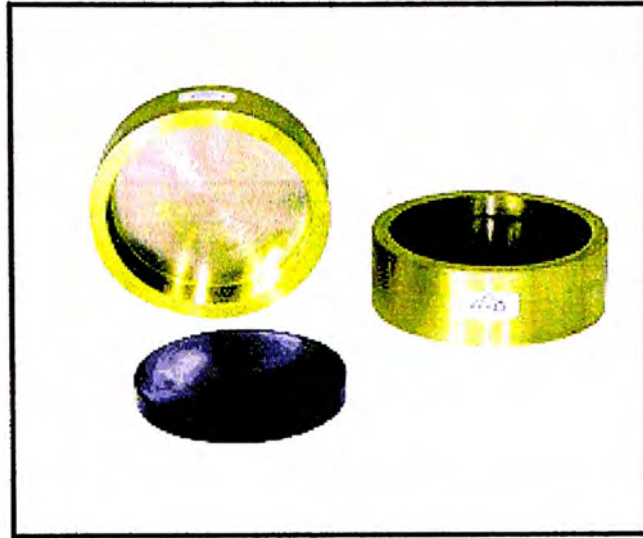
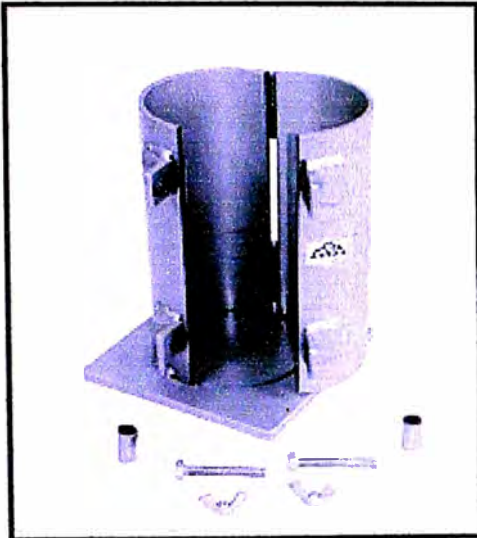


Figura 4.8 Molde partido para cilindros de concreto de 15 x 30 cm.

Figura 4.9 Cabeceador sistema de neopreno para cilindros de 15 x 30 cm y su disco de neopreno. Fuente: [www.elvec.com.mx](http://www.elvec.com.mx)

Luego del ensayo se obtuvo:

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	1								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.45</b>	d(cm)=	15.00	15.05	15.00	15.00	15.00	14.95	15.00	15.10	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	176.6	177.8	176.6	176.6	176.6	175.4	176.6	179.0	176.6
	F(kg)=	23100	23400	22200	24800	23900	24100	25700	24800	25000
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	130.79	131.61	125.69	140.41	135.31	137.36	145.51	138.56	141.54
	σ (desv. Est.)		3.20			2.56			3.49	
	coef. variac. (%)		2.48			1.86			2.46	
	máx.coef. variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>129.36</b>			<b>137.70</b>			<b>141.87</b>	

	edad (días)	3								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.45</b>	d(cm)=	15.10	15.00	15.00	15.00	15.10	15.10	14.95	15.00	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	179.0	176.6	176.6	176.6	179.0	179.0	175.4	176.6	176.6
	F(kg)=	47300	47500	47200	40200	40600	41000	52000	52700	51800
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	264.26	268.93	267.23	227.60	226.83	229.07	296.38	298.37	293.28
	σ (desv. Est.)		2.36			1.14			2.57	
	coef. variac. (%)		0.89			0.50			0.87	
	máx.coef. variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>266.81</b>			<b>227.83</b>			<b>296.01</b>	

Cuadro 4.36 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45.....//continúa



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	7								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.45</b>	d(cm)=	15.00	15.10	15.05	15.00	15.00	15.10	15.00	14.95	15.00
	A(cm2)=	176.6	179.0	177.8	176.6	176.6	179.0	176.6	175.4	176.6
	F(kg)=	53100	54600	54900	49000	50500	48200	59600	61200	58600
	f'c1(kg/cm2)=	300.64	305.05	308.77	277.42	285.92	269.29	337.44	348.82	331.78
	σ (desv. Est.)		4.07			8.31			8.68	
	coef. variac. (%)		1.34			3.00			2.56	
	máx.coef. variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f c prom(kg/cm2)</b>		<b>304.82</b>			<b>277.54</b>			<b>339.34</b>	

	edad (días)	14								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.45</b>	d(cm)=	15.00	15.00	15.00	14.90	15.00	15.00	15.00	15.10	15.00
	A(cm2)=	176.6	176.6	176.6	174.3	176.6	176.6	176.6	179.0	176.6
	F(kg)=	67400	68600	67900	59100	59600	59000	76500	75500	76300
	f'c1(kg/cm2)=	381.60	388.39	384.43	339.11	337.44	334.04	433.12	421.82	431.99
	σ (desv. Est.)		3.41			2.58			6.23	
	coef. variac. (%)		0.89			0.77			1.45	
	máx.coef. variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f c prom(kg/cm2)</b>		<b>384.81</b>			<b>336.86</b>			<b>428.98</b>	

Cuadro 4.36 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45 .....//continúa

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	28								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.45</b>	d(cm)=	14.95	14.90	15.00	14.90	14.95	15.00	15.00	15.00	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	175.4	174.3	176.6	174.3	175.4	176.6	176.6	176.6	176.6
	F(kg)=	71200	69000	70500	61200	62100	62000	79500	78800	78400
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	405.81	395.92	399.15	351.16	353.95	351.03	450.11	446.14	443.88
	σ (desv. Est.)		5.05			1.65			3.15	
	coef.variac.(%)		1.26			0.47			0.71	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>400.30</b>			<b>352.05</b>			<b>446.71</b>	

Cuadro 4.36 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45.

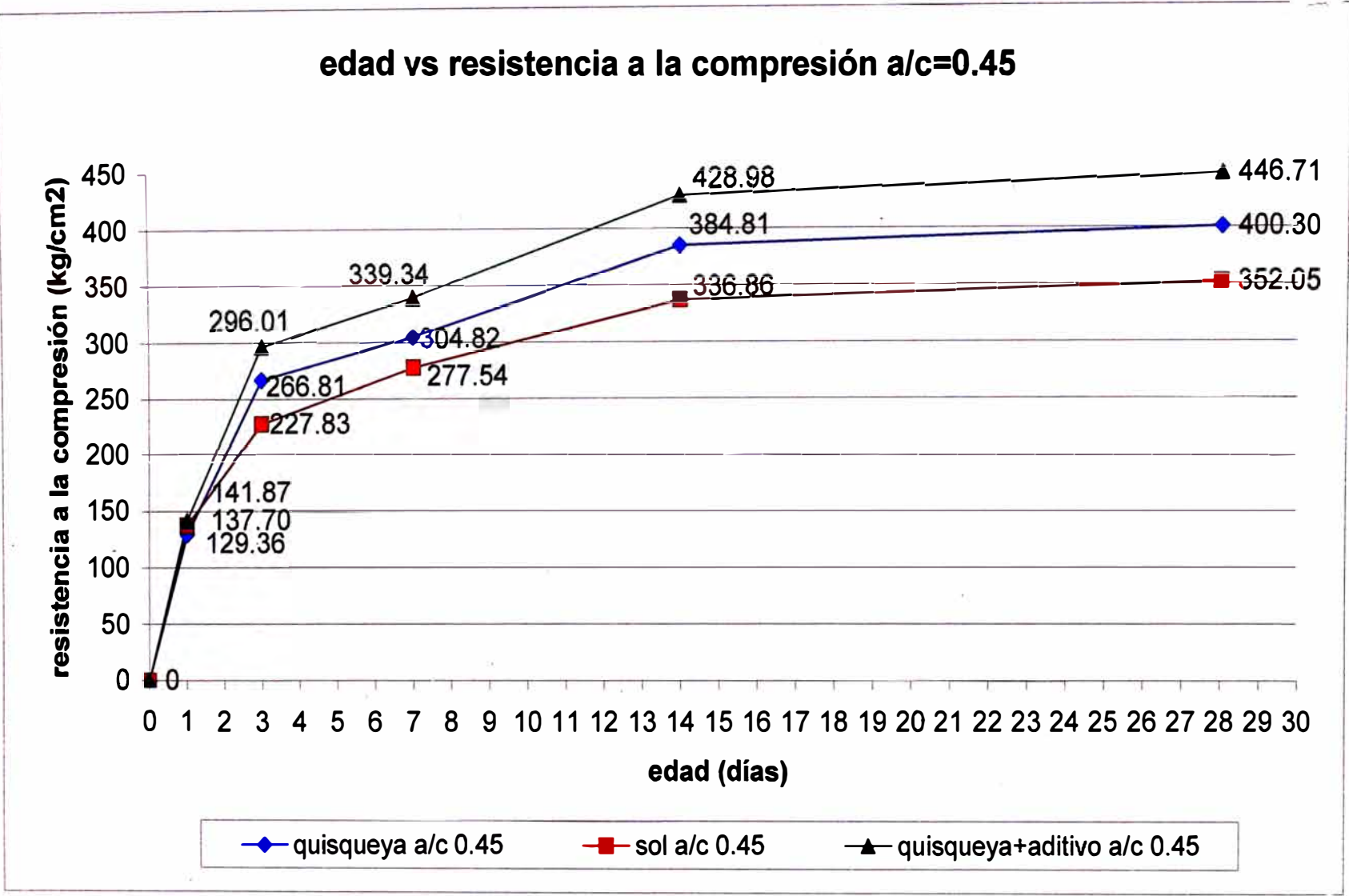


Gráfico 4.42: Edad vs resistencia a la compresión para a/c = 0.45

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

a/c 0.55	edad (días)	1								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	15.05	15.10	15.05	15.00	15.00	15.00	14.95	15.00	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	177.8	179.0	177.8	176.6	176.6	176.6	175.4	176.6	176.6
	F(kg)=	15900	16900	15300	17600	18300	18400	16100	17700	17400
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	89.42	94.42	86.05	99.65	103.61	104.18	91.76	100.21	98.51
	σ (desv. Est.)		4.21			2.47			4.47	
	coef.variac.(%)		4.68			2.41			4.61	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>89.96</b>			<b>102.48</b>			<b>96.83</b>		

a/c 0.55	edad (días)	3								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	15.00	15.00	15.00	15.10	15.10	15.00	14.90	15.00	14.95
	A(cm <sup>2</sup> )=	176.6	176.6	176.6	179.0	179.0	176.6	174.3	176.6	175.4
	F(kg)=	29700	30200	30500	27900	28700	28300	33400	34200	33100
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	168.15	170.98	172.68	155.88	160.35	160.23	191.65	193.63	188.66
	σ (desv. Est.)		2.29			2.55			2.50	
	coef.variac.(%)		1.34			1.60			1.31	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>170.61</b>			<b>158.82</b>			<b>191.31</b>		

Cuadro 4.37 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55 ..... continúa//.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	7								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.55</b>	d(cm)=	15.00	14.90	15.00	14.90	15.10	15.00	15.00	15.00	14.90
	A(cm <sup>2</sup> )=	176.6	174.3	176.6	174.3	179.0	176.6	176.6	176.6	174.3
	F(kg)=	38300	38600	39800	38400	38500	37300	43000	46000	40400
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	216.84	221.49	225.34	220.34	215.10	211.18	243.45	260.44	231.81
	σ (desv. Est.)		4.25			4.59			14.40	
	coef.variac.(%)		1.92			2.13			5.87	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>221.22</b>			<b>215.54</b>			<b>245.24</b>	

	edad (días)	14								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c 0.55</b>	d(cm)=	15.00	15.10	15.00	15.00	14.90	15.00	15.05	15.00	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	176.6	179.0	176.6	176.6	174.3	176.6	177.8	176.6	176.6
	F(kg)=	46600	48200	47000	51000	49900	50100	53100	51000	52500
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	263.84	269.29	266.10	288.75	286.32	283.65	298.64	288.75	297.24
	σ (desv. Est.)		2.74			2.55			5.35	
	coef.variac.(%)		1.03			0.89			1.82	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>266.41</b>			<b>286.24</b>			<b>294.88</b>	

Cuadro 4.37 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55 ..... continúa//.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	28								
	cemento ensayo	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
		probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
<b>a/c</b> <b>0.55</b>	d(cm)=	14.90	15.05	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	A(cm <sup>2</sup> )=	174.3	177.8	176.6	176.6	176.6	176.6	176.6	176.6	176.6
	F(kg)=	60000	54600	58500	54700	60600	58700	64000	64900	64500
	f'c1(kg/cm <sup>2</sup> )=	344.28	307.08	331.21	309.70	343.10	332.34	362.35	367.45	365.18
	σ (desv. Est.)		18.87			17.05			2.55	
	coef.variac.(%)		5.76			5.19			0.70	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>327.52</b>			<b>328.38</b>			<b>364.99</b>	

Cuadro 4.37 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55.

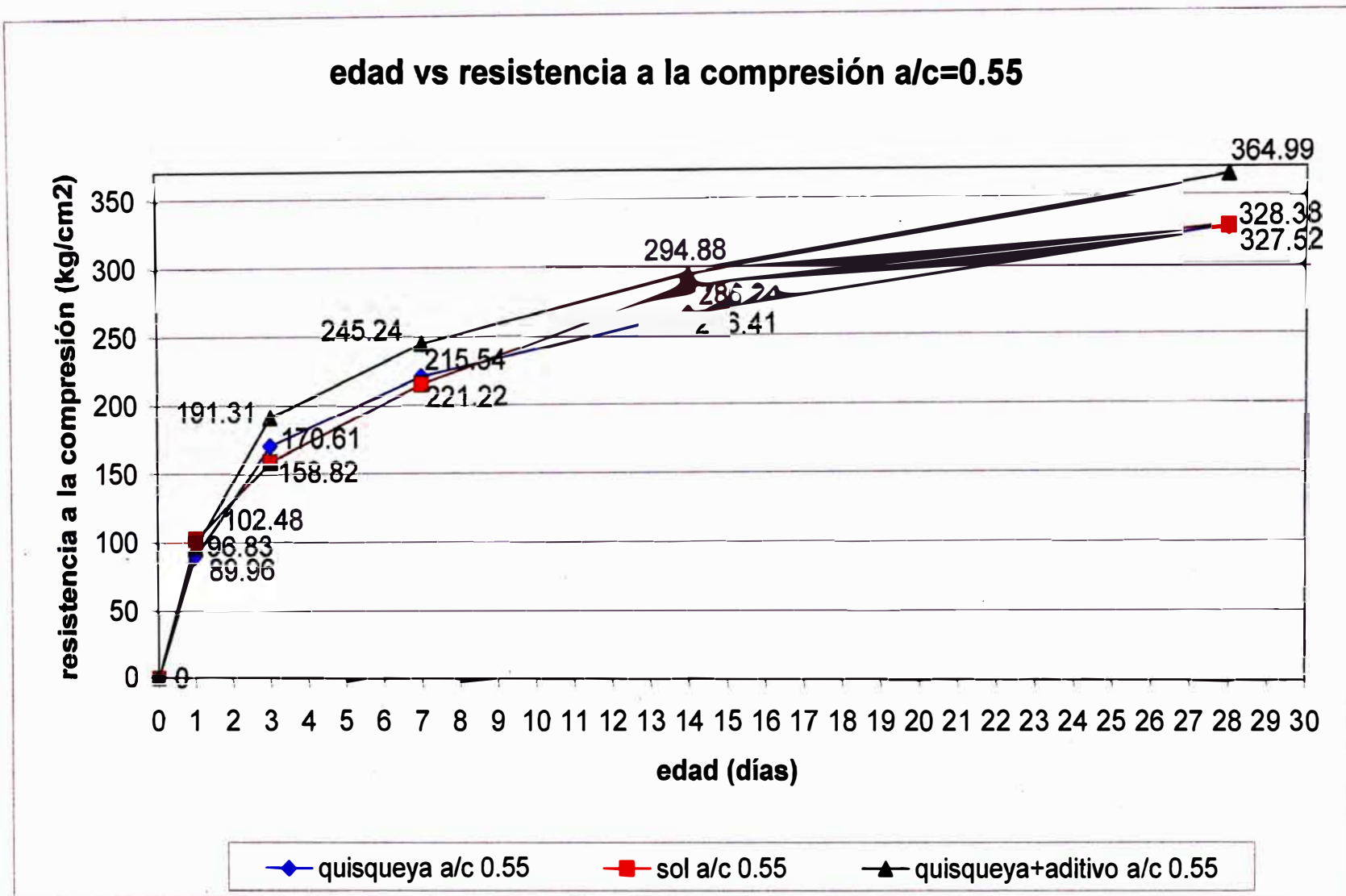


Gráfico 4.43: Edad vs resistencia a la compresión para a/c = 0.55

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

a/c 0.60	edad (días)	1								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	15.05	15.00	15.00	15.10	15.10	15.00	14.95	15.05	15.00
	A(cm2)=	177.8	176.6	176.6	179.0	179.0	176.6	175.4	177.8	176.6
	F(kg)=	14700	15600	14000	16700	17400	17500	14900	16200	15900
	f'c1(kg/cm2)=	82.68	88.32	79.26	93.30	97.21	99.08	84.92	91.11	90.02
	σ (desv. Est.)		4.58			2.95			3.30	
	coef.variac.(%)		5.48			3.05			3.72	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f c prom(kg/cm2)</b>	<b>83.42</b>			<b>96.53</b>			<b>88.69</b>		

a/c 0.60	edad (días)	3								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	14.90	15.00	15.10	15.10	15.10	15.00	15.00	15.00	15.00
	A(cm2)=	174.3	176.6	179.0	179.0	179.0	176.6	176.6	176.6	176.6
	F(kg)=	25600	26200	25300	26100	26800	27100	28400	30400	28100
	f'c1(kg/cm2)=	146.89	148.34	141.35	145.82	149.73	153.43	160.79	172.12	159.09
	σ (desv. Est.)		3.69			3.81			7.08	
	coef.variac.(%)		2.53			2.54			4.32	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f c prom(kg/cm2)</b>	<b>145.53</b>			<b>149.66</b>			<b>164.00</b>		

Cuadro 4.38 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60.....continúa//



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39**

a/c 0.60	edad (días)	7								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	15.05	15.10	15.00	15.00	15.05	15.05	15.00	14.95	15.00
	A(cm2)=	177.8	179.0	176.6	176.6	177.8	177.8	176.6	175.4	176.6
	F(kg)=	36800	38000	37000	33500	33300	32800	42000	40200	41800
	f'c1(kg/cm2)=	206.97	212.30	209.48	189.67	187.28	184.47	237.79	229.13	236.66
	σ (desv. Est.)		2.67			2.60			4.71	
	coef. variac.(%)		1.27			1.39			2.01	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm2)</b>	<b>209.59</b>			<b>187.14</b>			<b>234.53</b>		

a/c 0.60	edad (días)	14								
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO		
	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3
	d(cm)=	15.00	14.90	15.05	15.10	15.05	15.00	15.00	15.00	15.00
	A(cm2)=	176.6	174.3	177.8	179.0	177.8	176.6	176.6	176.6	176.6
	F(kg)=	41300	41800	41000	46300	47000	46600	45000	46500	46100
	f'c1(kg/cm2)=	233.83	239.85	230.59	258.68	264.34	263.84	254.78	263.27	261.00
	σ (desv. Est.)		4.70			3.13			4.40	
	coef. variac.(%)		2.00			1.19			1.69	
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8	
	<b>f'c prom(kg/cm2)</b>	<b>234.76</b>			<b>262.28</b>			<b>259.68</b>		

Cuadro 4.38 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60.....continúa//

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.034 - ASTM C39

	edad (días)	28									
	cemento	QUISQUEYA			SOL			QUISQUEYA+0.35%ADITIVO			
a/c 0.60	ensayo	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	probeta 1	probeta 2	probeta 3	
	d(cm)=	15.00	15.05	15.05	15.00	15.00	15.05	15.05	15.00	15.00	
	A(cm2)=	176.6	177.8	177.8	176.6	176.6	177.8	177.8	176.6	176.6	
	F(kg)=	44200	45700	45400	56200	56000	56500	50400	51400	51000	
	f'c1(kg/cm2)=	250.25	257.02	255.34	318.19	317.06	317.76	283.46	291.01	288.75	
	σ (desv. Est.)		3.53			0.57			3.88		
	coef.variac.(%)		1.39			0.18			1.35		
	máx.coef.variac.%(ASTM C39)		7.8			7.8			7.8		
	<b>f'c prom(kg/cm2)</b>		<b>254.20</b>			<b>317.67</b>			<b>287.74</b>		

Cuadro 4.38 Resistencia a la compresión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60.

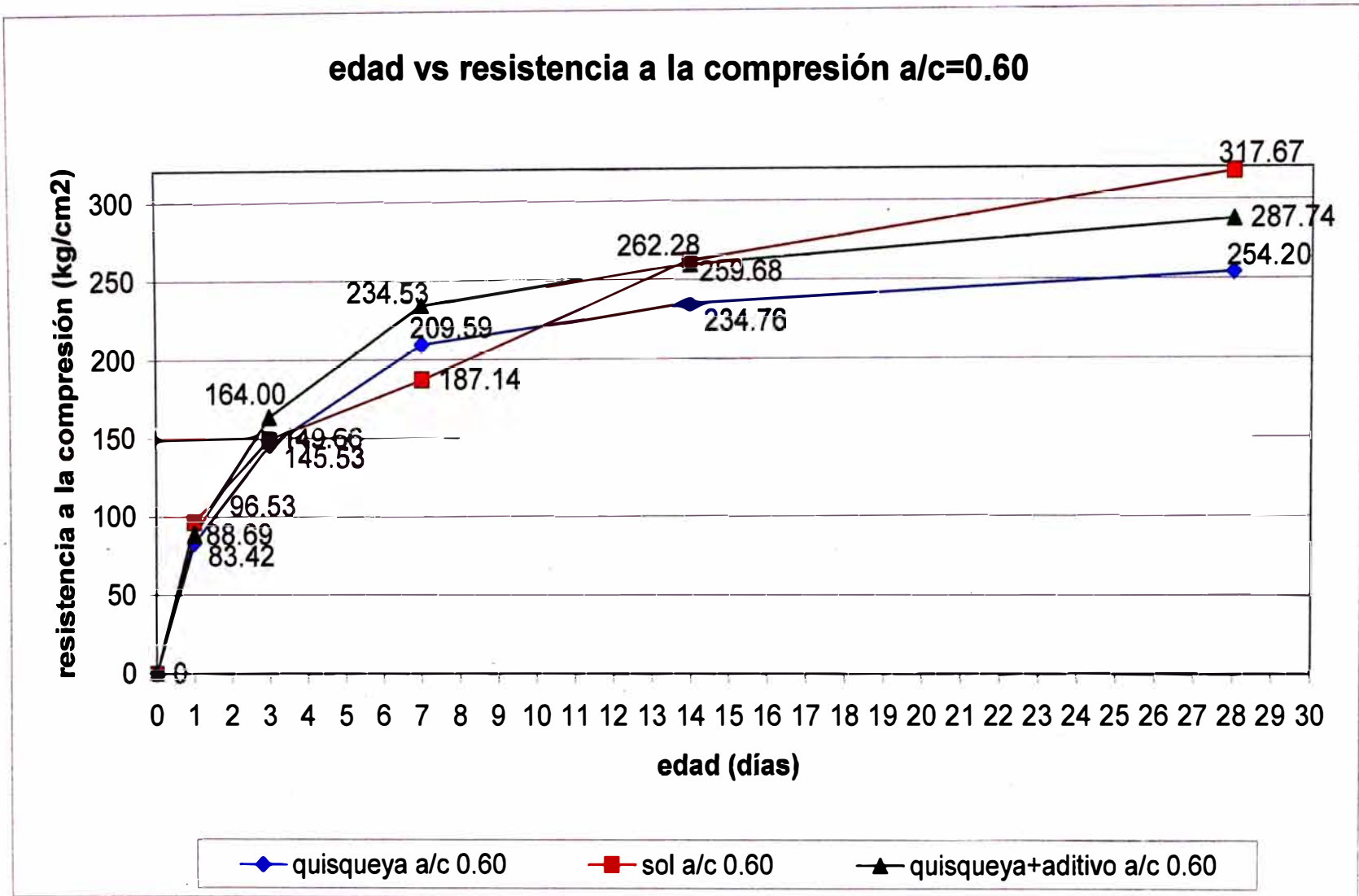


Gráfico 4.44: Edad vs resistencia a la compresión para a/c = 0.60.

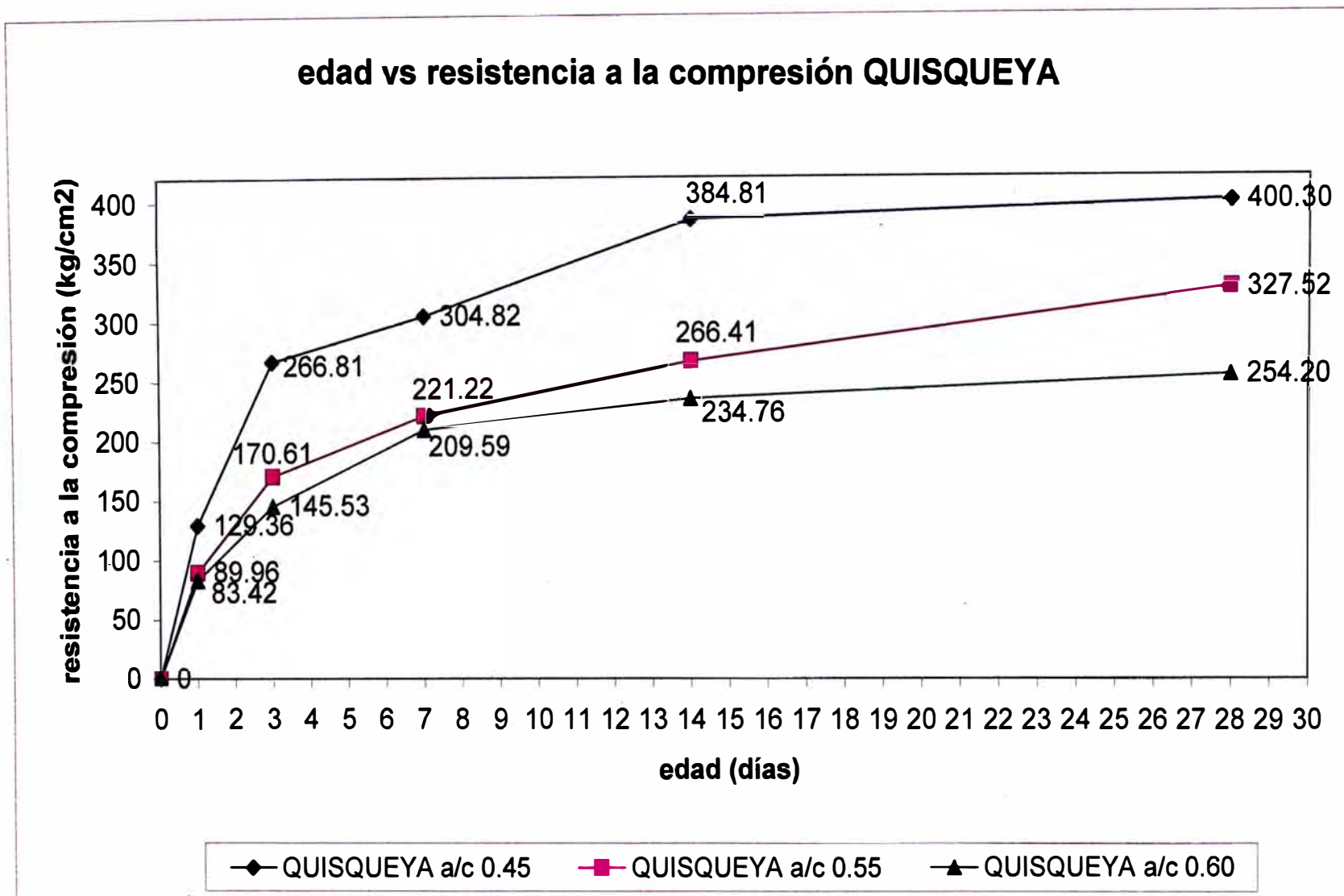


Gráfico 4.45: Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento QUISQUEYA

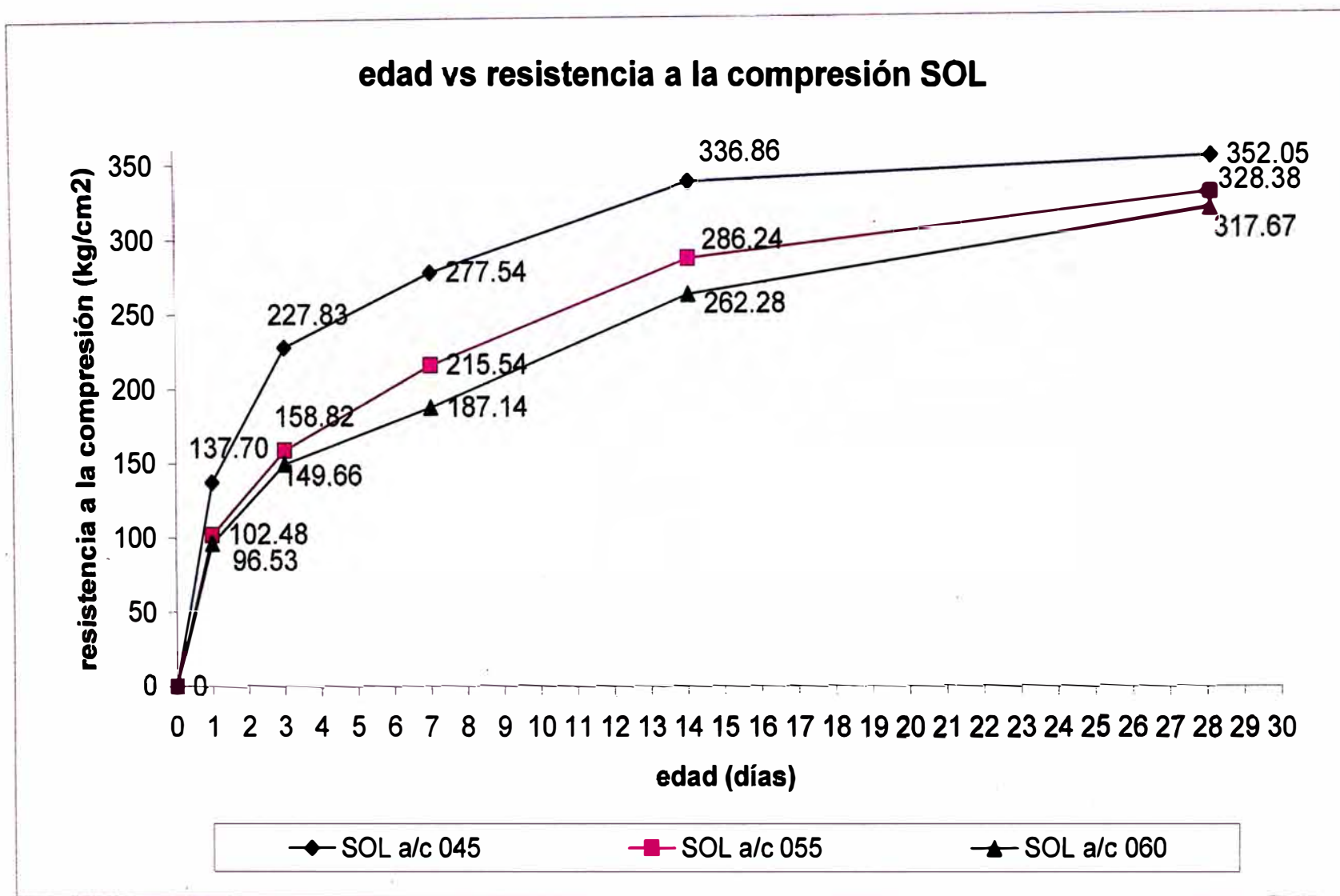


Gráfico 4.46: Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento SOL

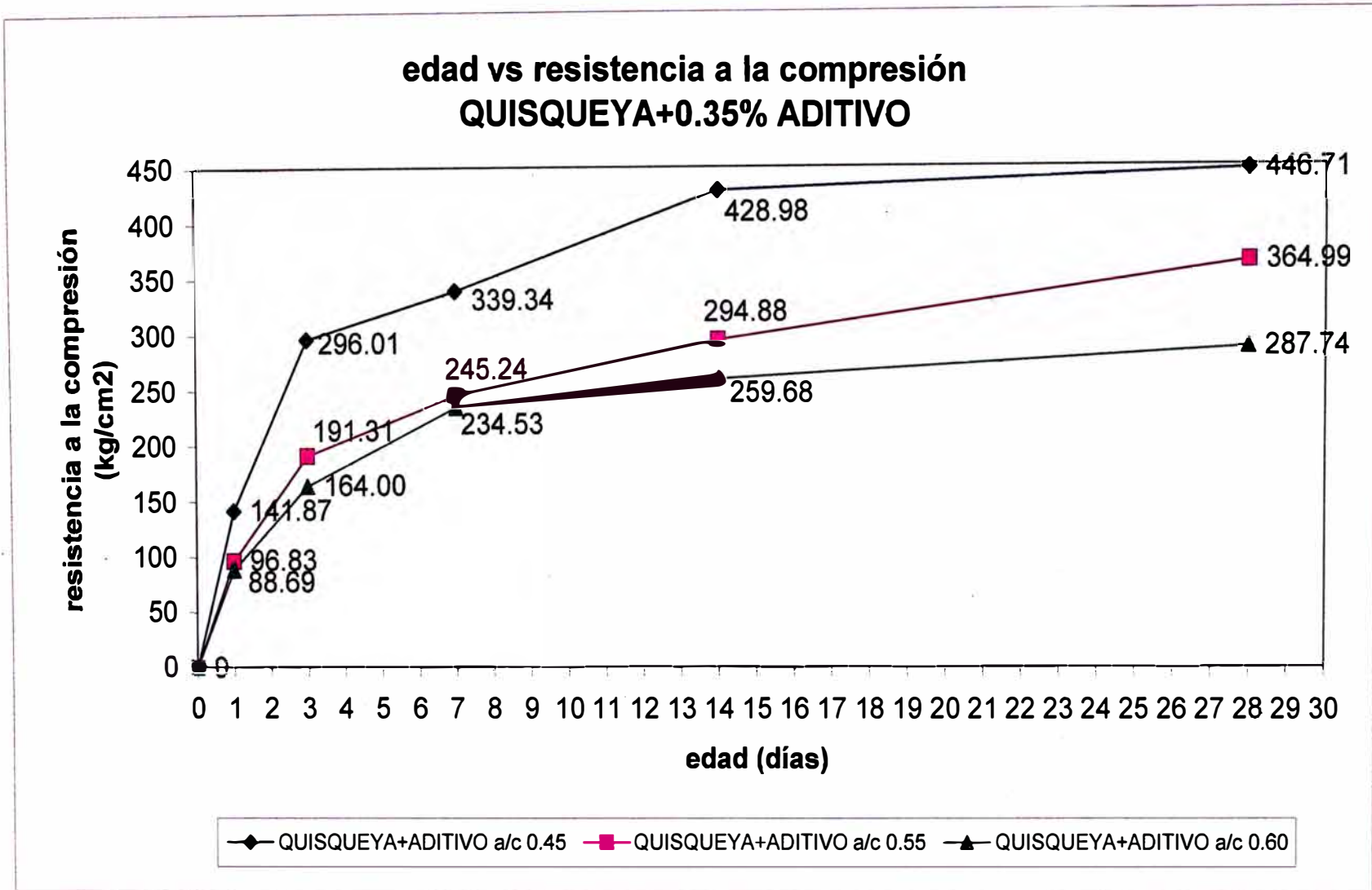


Gráfico 4.47: Edad vs resistencia a la compresión para concretos empleando cemento QUISQUEYA + 0.35%ADITIVO

#### d. Resistencia a la flexión

Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78

La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión, también llamada modulo de ruptura, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

El ensayo de flexión se efectúa en vigas cargadas en los tercios de la luz, por carga en el centro o empotrada, con carga en el extremo libre.

El ensayo con carga en los tercios es más representativo de la calidad del concreto, pues el reparto de tensiones revela las deficiencias que pudiera tener.

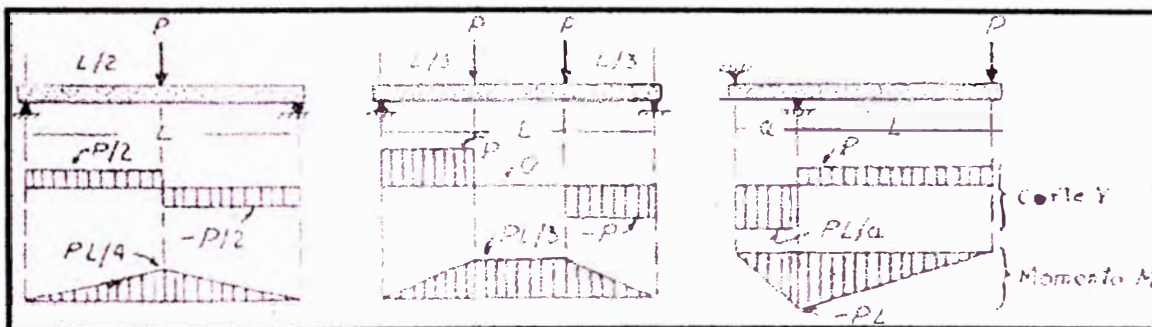


Figura 4.10 Distribución de las fuerzas de tensión sobre la viga de ensayo.

Fuente: *Control de la calidad de concreto en pavimentos. ASOCEM*<sup>5</sup>

Factores a considerar:

- Al incrementarse la resistencia a la compresión la de flexión crece en menor grado.
- La resistencia a la flexión luego de 28 días aumenta más débilmente que la resistencia a la compresión.
- Los especímenes de flexión requieren mayor cuidado en el curado que la de compresión.
- Dificultades en el procedimiento de ensayo.

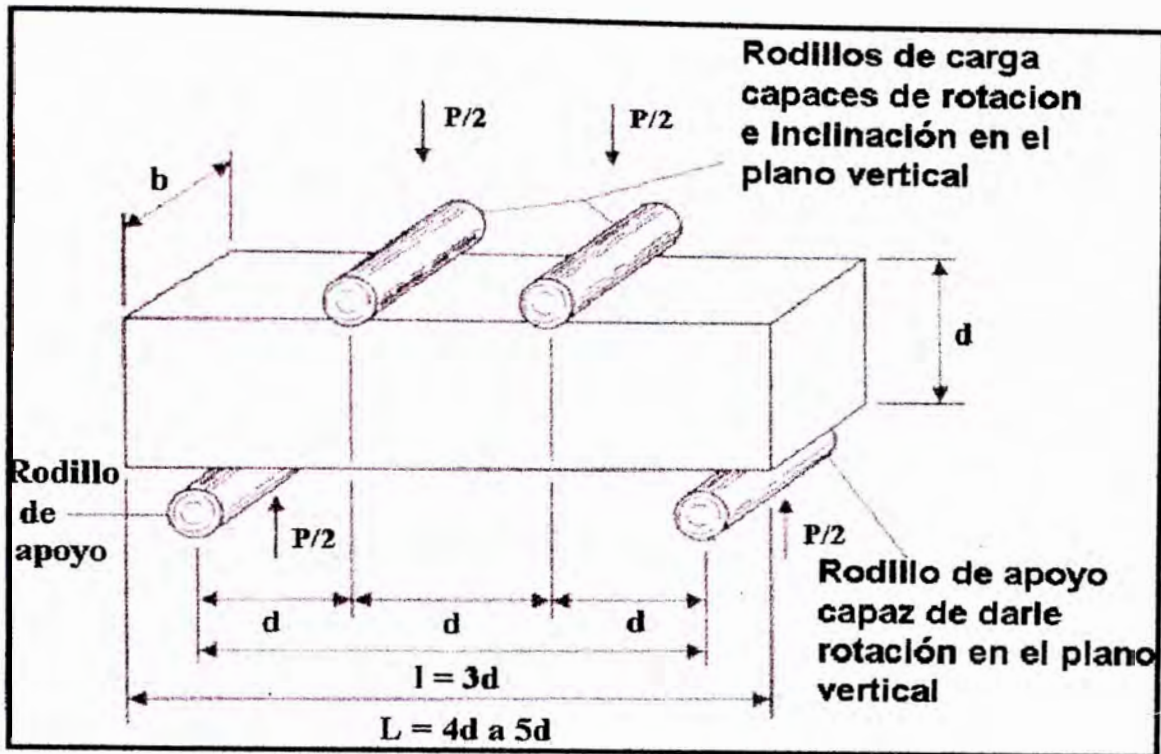


Figura 4.11 Dimensiones del espécimen y posiciones de los apoyos para realizar el ensayo. Fuente: Control de la calidad de concreto en pavimentos. ASOCEM<sup>5</sup>

Para realizar el ensayo se siguió el procedimiento de la norma en mención así como las normas siguientes:

NTP 339.044 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la preparación y curado en obra de probetas para ensayo de flexión.

NTP 339.045 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la preparación y curado en laboratorio de probetas para ensayo de flexión.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de luz del la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre.

Luego de realizar el ensayo según el procedimiento de la norma mencionada, se obtuvo:



**RESISTENCIA A LA FLEXION: Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78**

	edad (días)	3					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.45</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1530.00	1710.00	1440.00	1670.00	1620.00	1850.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.0	45.5	45.3	45.3	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.0	15.2	15.1	15.1	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	20.26	22.65	18.88	21.97	21.46	24.18
	$\sigma$ (desv. Est.)	1.69		2.18		1.93	
	coef.variac.(%)	7.86		10.69		8.44	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>21.46</b>		<b>20.43</b>		<b>22.82</b>	

	edad (días)	7					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.45</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	2230.00	1970.00	2050.00	2280.00	2010.00	2300.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.6	45.0	45.5	45.0	45.0	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.2	15.1	15.0	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.2	15.0	15.2	15.0	15.0	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	28.96	26.09	27.06	30.20	26.80	30.06
	$\sigma$ (desv. Est.)	2.02		2.22		2.31	
	coef.variac.(%)	7.36		7.75		8.11	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>27.52</b>		<b>28.63</b>		<b>28.43</b>	

Cuadro 4.39 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45.....//continúa

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78**

	edad (días)	14					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.45</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	2680.00	2560.00	2600.00	2710.00	2650.00	2760.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.3	45.5	45.0	45.3	45.0
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.1	15.2	15.0	15.1	15.0
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	35.50	33.68	34.10	35.89	34.87	36.56
	$\sigma$ (desv. Est.)	1.28		1.27		1.19	
	coef.variac.(%)	3.71		3.63		3.35	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>34.59</b>		<b>35.00</b>		<b>35.71</b>	

	edad (días)	28					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.45</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	3590.00	3890.00	3660.00	3920.00	3900.00	3690.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.0	45.5	45.0	45.0	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.0	15.2	15.0	15.0	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	47.55	51.52	48.00	51.92	52.00	48.23
	$\sigma$ (desv. Est.)	2.81		2.77		2.67	
	coef.variac.(%)	5.67		5.55		5.32	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>49.54</b>		<b>49.96</b>		<b>50.12</b>	

Cuadro 4.39 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.45

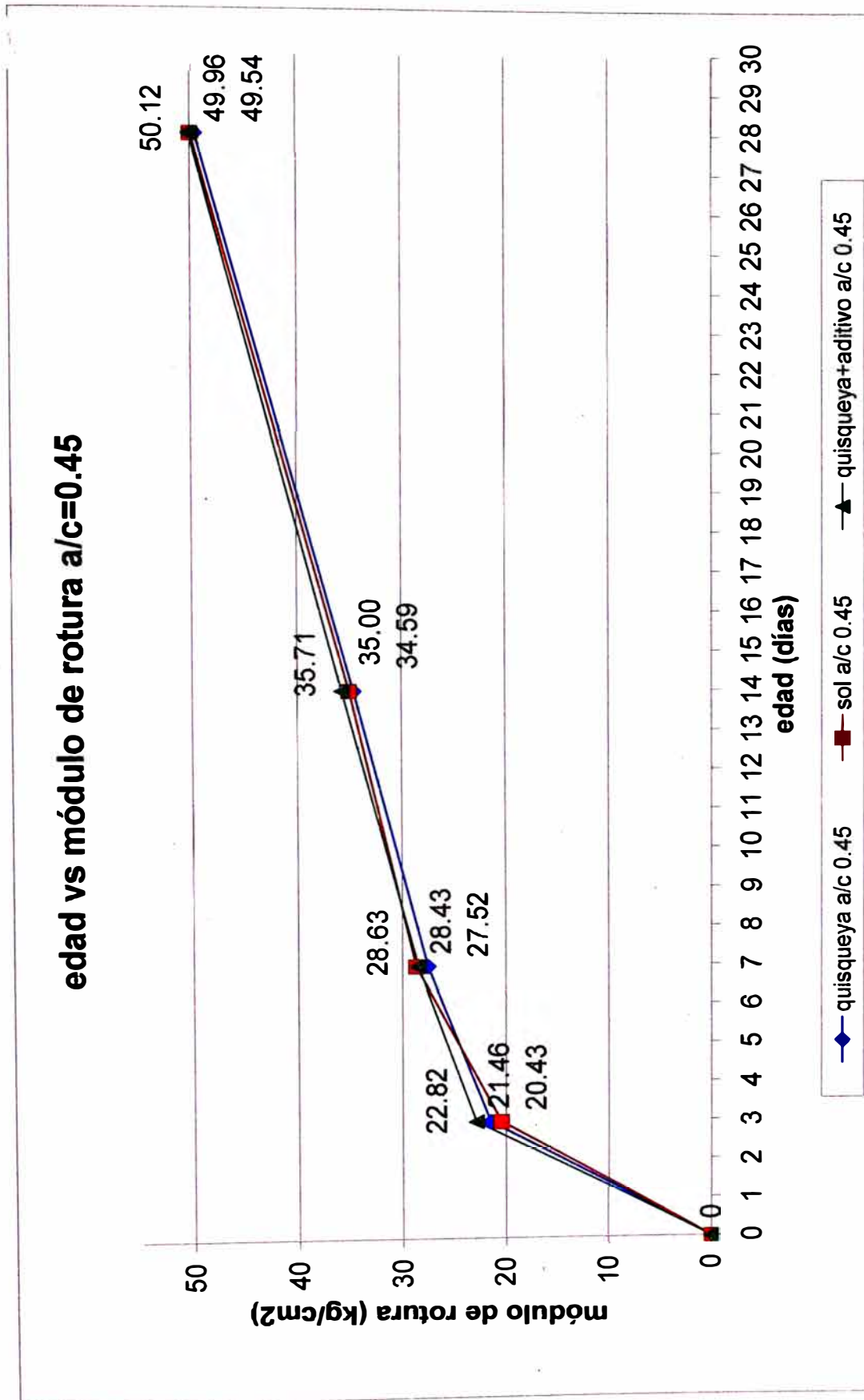


Gráfico 4.48: Edad vs módulo de rotura para a/c = 0.45

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78**

	edad (días)	3					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.55</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1410.00	1570.00	1200.00	1450.00	1420.00	1590.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.6	45.3	45.6	45.0	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.2	15.1	15.0	15.1	15.1	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.2	15.1	15.2	15.0	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	18.43	20.52	15.89	18.95	18.81	20.78
	$\sigma$ (desv. Est.)	1.48		2.16		1.40	
	coef.variac.(%)	7.59		12.41		7.05	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>19.48</b>		<b>17.42</b>		<b>19.80</b>	

	edad (días)	7					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.55</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1750.00	1990.00	1620.00	1870.00	1790.00	1960.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.3	45.0	45.3	45.3	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.2	15.1	15.1	15.0	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.1	15.0	15.1	15.1	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	22.87	26.18	21.46	24.77	23.71	25.62
	$\sigma$ (desv. Est.)	2.34		2.34		1.35	
	coef.variac.(%)	9.54		10.13		5.48	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>24.53</b>		<b>23.11</b>		<b>24.66</b>	

Cuadro 4.40 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55 .....continúa//

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78

	edad (días)	14					
	cemento ensayo	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
		viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.55</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	2610.00	2430.00	2350.00	2600.00	2650.00	2360.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.6	45.3	45.5	45.0	45.3	45.0
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.2	15.0	15.0	15.1	15.1	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.2	15.1	15.2	15.0	15.1	15.0
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	33.89	32.19	31.02	34.44	34.87	31.26
	$\sigma$ (desv. Est.)	1.21		2.41		2.55	
	coef.variac.(%)	3.65		7.38		7.72	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>33.04</b>		<b>32.73</b>		<b>33.06</b>	

	edad (días)	28					
	cemento ensayo	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
		viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.55</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	3250.00	3470.00	2900.00	3160.00	3440.00	3310.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.6	45.0	45.3	45.0	45.3	45.6
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.0	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.2	15.0	15.1	15.0	15.1	15.2
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	42.76	45.96	38.41	41.85	45.56	43.26
	$\sigma$ (desv. Est.)	2.26		2.44		1.63	
	coef.variac.(%)	5.10		6.07		3.66	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>44.36</b>		<b>40.13</b>		<b>44.41</b>	

Cuadro 4.40 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.55

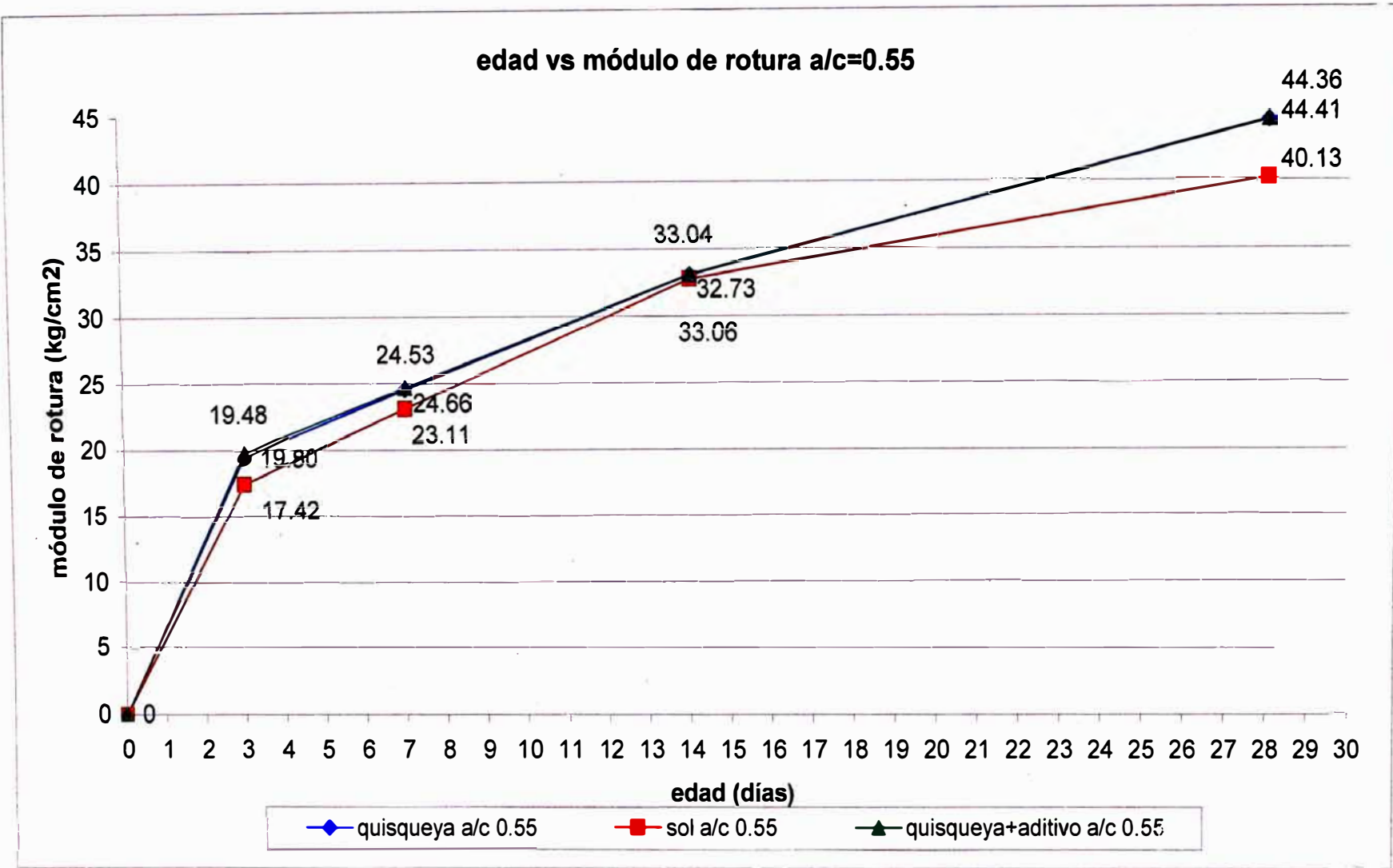


Gráfico 4.49: Edad vs módulo de rotura para a/c = 0.55

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78

	edad (días)	3					
	cemento ensayo	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
		viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.60</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1190.00	1060.00	1080.00	1200.00	1060.00	1210.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.6	45.0	45.3	45.3	45.3
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.2	15.0	15.1	15.1	15.1
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	15.76	13.86	14.30	15.79	14.04	15.92
	$\sigma$ (desv. Est.)	1.35		1.05		1.33	
	coef.variac.(%)	9.10		6.97		8.88	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>14.81</b>		<b>15.05</b>		<b>14.98</b>	

	edad (días)	7					
	cemento ensayo	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
		viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.60</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1700.00	1480.00	1690.00	1520.00	1700.00	1500.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.0	45.0	45.3	45.3	45.0	45.3
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.0	15.0	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.0	15.0	15.1	15.1	15.0	15.1
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	22.67	19.60	22.38	20.13	22.67	19.74
	$\sigma$ (desv. Est.)	2.17		1.59		2.07	
	coef.variac.(%)	10.25		7.49		9.77	
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)	16		16		16	
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>	<b>21.13</b>		<b>21.26</b>		<b>21.20</b>	

Cuadro 4.41 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60..... continúa//

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** Normas ensayadas: NTP 339.078 - ASTM C78

	edad (días)	14					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.60</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	1890.00	2010.00	2020.00	2110.00	2060.00	1890.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.3	45.0	45.0	45.0	45.3	45.0
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.2	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.1	15.0	15.0	15.0	15.1	15.0
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	25.03	26.62	26.75	27.95	26.93	25.03
	$\sigma$ (desv. Est.)		1.12		0.84		1.34
	coef.variac.(%)		4.35		3.08		5.15
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)		16		16		16
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>		<b>25.83</b>		<b>27.35</b>		<b>25.98</b>

	edad (días)	28					
	cemento	QUISQUEYA		SOL		QUISQUEYA+0.35%ADITIVO	
	ensayo	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2	viga 1	viga 2
<b>a/c 0.60</b>	carga máxima de rotura <b>P(kg)=</b>	2130.00	2340.00	2490.00	2370.00	2100.00	2380.00
	luz libre promedio <b>L(cm)=</b>	45.0	45.3	45.3	45.0	45.0	45.0
	ancho promedio <b>b(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.1
	altura promedio <b>h(cm)=</b>	15.0	15.1	15.1	15.0	15.0	15.0
	módulo de rotura <b>Mr(kg/cm2)=</b>	28.40	30.79	32.76	31.39	28.00	31.52
	$\sigma$ (desv. Est.)		1.69		0.97		2.49
	coef.variac.(%)		5.71		3.02		8.37
	máx.coef.variac.%(ASTM C78)		16		16		16
	<b>Mr prom(kg/cm2)</b>		<b>29.59</b>		<b>32.08</b>		<b>29.76</b>

Cuadro 4.41 Resistencia a la flexión para los diseños de mezcla empleados y a/c 0.60



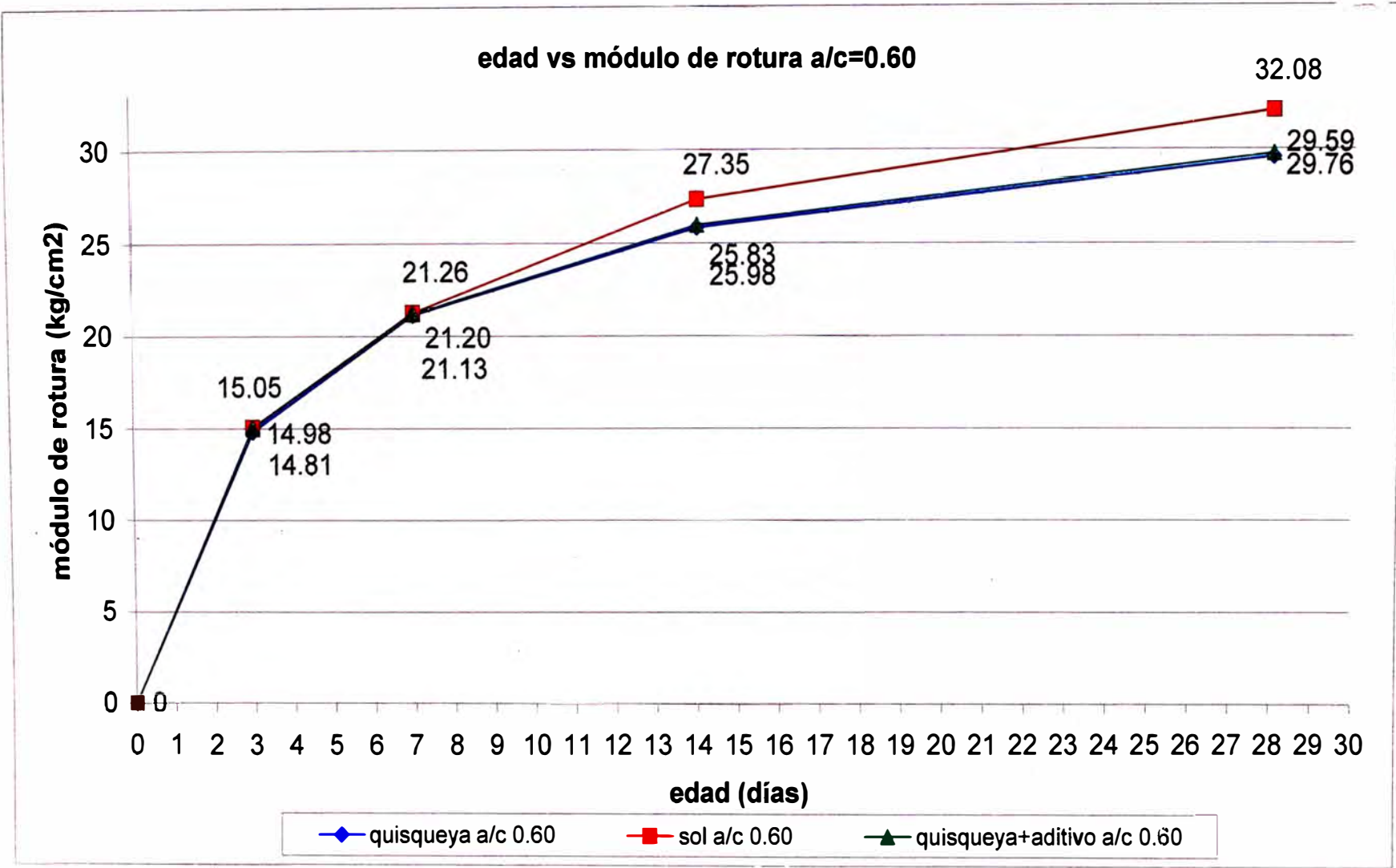


Gráfico 4.50: Edad vs módulo de rotura para a/c = 0.60

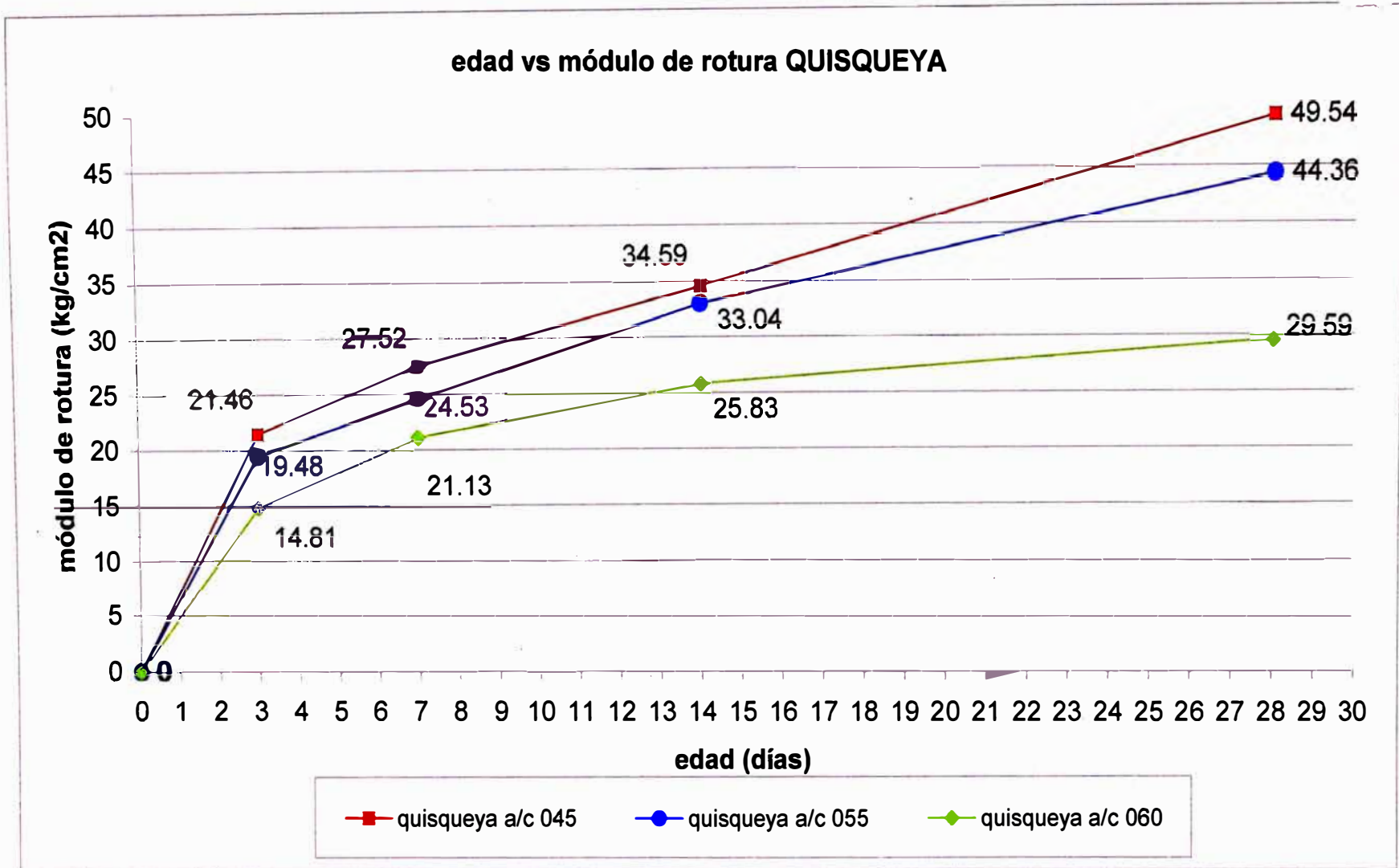


Gráfico 4.51: Edad vs módulo de rotura para diseños empleando Quisqueya

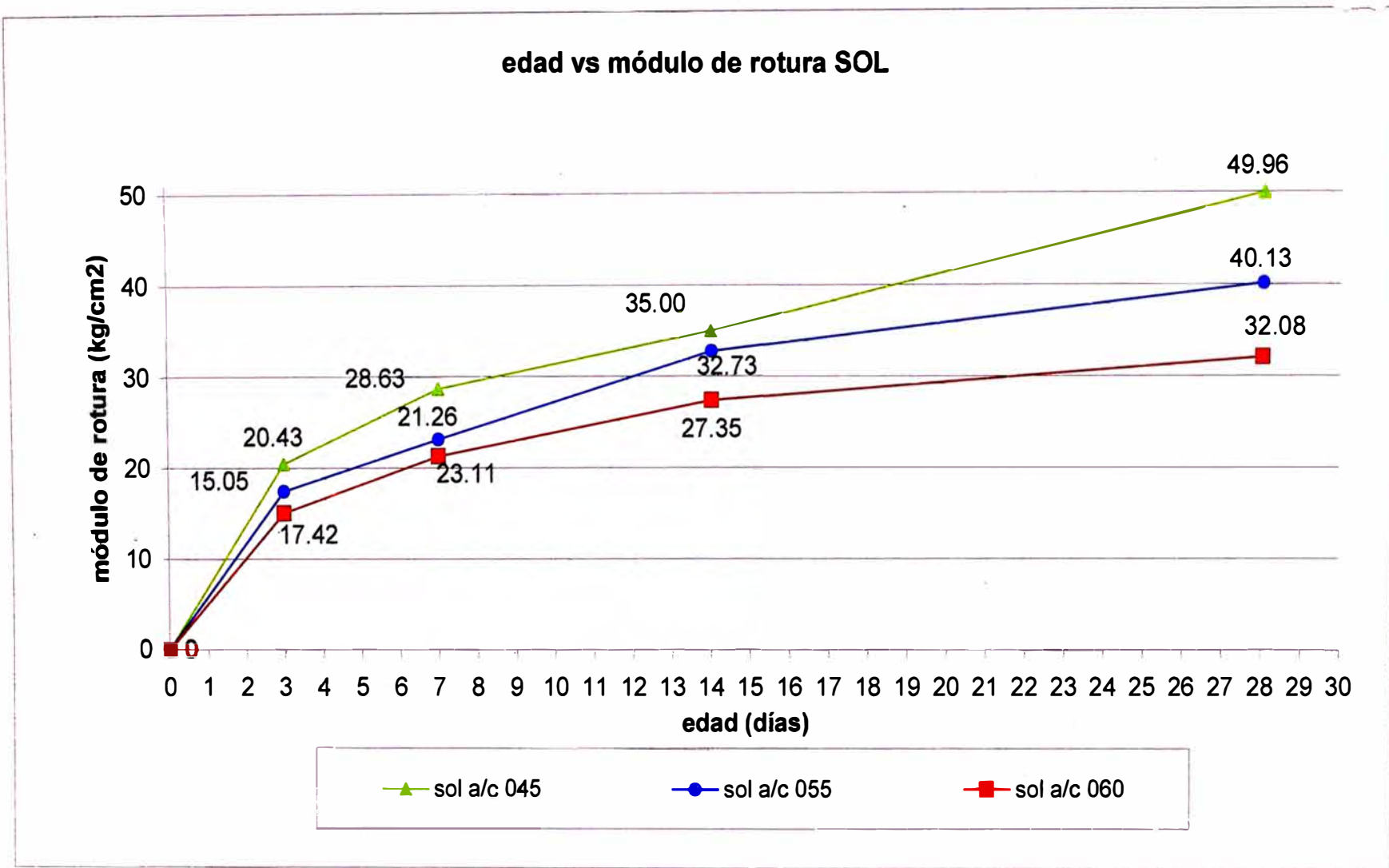


Gráfico 4.52: Edad vs módulo de rotura para diseños empleando SOL

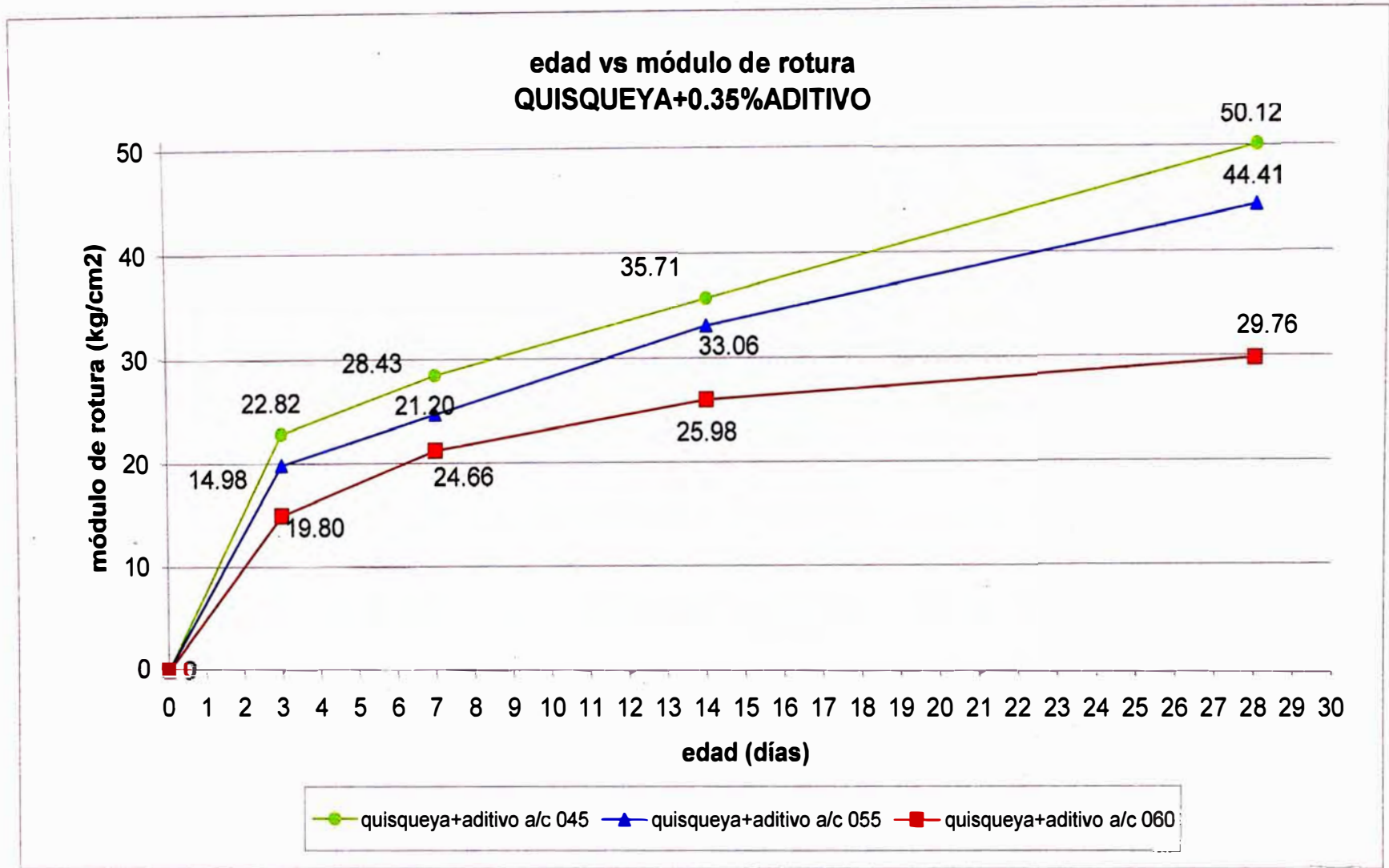


Gráfico 4.53: Edad vs módulo de rotura para diseños emleando QUISQUEYA+0.35%ADITIVO

## 4.8 ANALISIS DE RESULTADOS

**Cementos Portland usados:** Quisqueya Tipo I, Sol Tipo I

**Aditivo Usado:** Chema Rentrampplast Tipo D (plastificante y retardante)

**Dosis de Aditivo:** 0.35% del peso de cemento de diseño

### FACTOR DE COMPACIDAD DEL CONCRETO:

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	101.1%	100.0%	100.0%
(QA) QUISQUEYA + 0.35%ADITIVO	101.1%	102.2%	101.1%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI y QA son mayores en 1.1%; para la relación a/c 0.55, QA es mayor en 2.2%; para la relación a/c 0.60, QA es mayor en 1.1%. El aditivo incrementa el factor de compacidad.

### PESO UNITARIO DEL CONCRETO:

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	100.9%	101.2%	100.6%
(QA) QUISQUEYA + 0.35%ADITIVO	101.5%	101.4%	100.7%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es mayor en 0.9 %, QA es mayor en 1.5%; para la relación a/c 0.55, QI es mayor en 1.2%, QA es mayor en 1.4%; para la relación a/c 0.60, QI es mayor en 0.6%, QA es mayor en 0.7%. Es decir el aditivo aumenta el peso unitario del concreto.

### CONTENIDO DE AIRE:

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
<b>(SL) SOL TIPO I</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>(QI) QUISQUEYA TIPO I</b>	55.9%	36.0%	60.3%
<b>(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO</b>	58.6%	46.3%	74.3%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es menor en 44.1 %, QA es menor en 41.4%; para la relación a/c 0.55, QI es menor en 64.0%, QA es menor en 53.7%; para la relación a/c 0.60, QI es menor en 39.7%, QA es menor en 25.7%. Es decir el aditivo aumenta el contenido de aire de QA respecto a QI, y SL genera un concreto con mayor contenido de aire.

### EXUDACION DEL CONCRETO:

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
<b>(SL) SOL TIPO I</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>(QI) QUISQUEYA TIPO I</b>	87.0%	85.0%	90.3%
<b>(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO</b>	75.6%	76.8%	82.8%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es menor en 13.0 %, QA es menor en 24.4%; para la relación a/c 0.55, QI es menor en 15.0%, QA es menor en 23.2%; para la relación a/c 0.60, QI es menor en 9.7%, QA es menor en 7.2%. Es decir el aditivo disminuye la exudación del concreto de QA respecto a QI, y SL genera un concreto con mayor porcentaje de exudación.

### TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
<b>(SL) SOL TIPO I</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>(QI) QUISQUEYA TIPO I</b>	90.7%	90.6%	87.6%
<b>(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO</b>	114.0%	113.6%	109.4%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es menor en 9.3%, QA es mayor en 14.0%; para la relación a/c 0.55, QI es menor en 9.4%, QA es mayor en 13.6%; para la relación a/c 0.60, QI es menor en 12.4%, QA es mayor en 9.4%. Es decir el aditivo incrementa el tiempo de fraguado inicial de QA respecto a QI, y QI tiene el menor tiempo de fraguado inicial de los diseños.

#### TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
<b>(SL) SOL TIPO I</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>(QI) QUISQUEYA TIPO I</b>	91.8%	91.2%	88.5%
<b>(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO</b>	108.8%	105.4%	103.2%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es menor en 8.2%, QA es mayor en 8.8%; para la relación a/c 0.55, QI es menor en 9.8%, QA aumenta en 5.4%; para la relación a/c 0.60, QI es menor en 11.5%, QA es mayor en 3.2%. Es decir el aditivo incrementa el tiempo de fraguado final de QA respecto a QI, y QI tiene el menor tiempo de fraguado final de los diseños.

#### TEMPERATURA DEL CONCRETO

	a/c		
	0.45	0.55	0.60
<b>(SL) SOL TIPO I</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>(QI) QUISQUEYA TIPO I</b>	96.7%	100.4%	108.2%
<b>(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO</b>	97.1%	94.8%	101.7%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Para la relación a/c 0.45, QI es menor en 3.3%, QA es menor en 2.9%; para la relación a/c 0.55, QI es mayor en 0.4%, QA es menor en 5.2%; para la relación a/c 0.60, QI es mayor en 8.2%, QA es mayor en 1.7%.

## RESISTENCIA A LA COMPRESION

Edad del concreto 1 día	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	94.0%	87.8%	86.4%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	103.1%	94.5%	91.9%
Edad del concreto 3 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	117.1%	107.4%	97.3%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	129.9%	120.4%	109.6%
Edad del concreto 7 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	109.8%	102.7%	112.0%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	122.2%	113.9%	125.3%
Edad del concreto 14 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	114.3%	93.1%	89.3%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	127.4%	103.0%	98.8%
Edad del concreto 28 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	113.8%	99.7%	79.9%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	127.1%	111.1%	90.6%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Día 1: Para a/c 0.45 0.55 y 0.60 QI es menor en 6.0%, 12.2% y 13.6% respectivamente. Para a/c 0.55 y 0.60 QA es menor en 5.5% y 8.1% respectivamente. QA es mayor en 3.1% para a/c 0.45.

Día 3: Para a/c 0.45 0.55 y 0.60 QA es mayor en 29.9%, 20.4% y 9.6% respectivamente. Para a/c 0.45 y 0.55 QI es mayor en 17.1% y 7.4% respectivamente. QI es menor en 2.7% para a/c 0.60.

Día 7: Para a/c 0.45 0.55 y 0.60 QI es mayor en 9.8%, 2.7% y 12.0% respectivamente. Para a/c 0.45, 0.55 y 0.60 QA es mayor en 22.2%, 13.9% y 25.3% respectivamente.



Día 14: Para a/c 0.45 QI es mayor en 14.3%, QI es menor en 6.9% y 10.7% para a/c 0.55 y 0.60 respectivamente. Para a/c 0.45 y 0.55 QA es mayor en 27.4% y 3.0% respectivamente. QA es menor en 1.2% para a/c 0.60.

Día 28: Para a/c 0.45 QI es mayor en 13.8%, QI es menor en 0.3% y 20.1% para a/c 0.55 y 0.60 respectivamente. Para a/c 0.45 y 0.55 QA es mayor en 27.1% y 11.1% respectivamente. QA es menor en 9.4% para a/c 0.60.

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Edad del concreto 3 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	105.0%	112.1%	98.4%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	111.7%	113.8%	99.5%

Edad del concreto 7 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	96.2%	106.1%	99.4%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	99.3%	106.9%	99.7%

Edad del concreto 14 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	98.9%	100.9%	94.4%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	102.0%	101.2%	95.0%

Edad del concreto 28 días	a/c		
	0.45	0.55	0.60
(SL) SOL TIPO I	100.0%	100.0%	100.0%
(QI) QUISQUEYA TIPO I	99.0%	110.7%	92.2%
(QA) QUISQUEYA + 0.35% ADITIVO	100.2%	110.8%	92.8%

Concreto de referencia: Sol Tipo I.

Día 3: Para a/c 0.45 y 0.55 QI es mayor en 5.0% y 12.1% respectivamente, para a/c 0.60 QI es menor en 1.6%. Para a/c 0.45 y 0.55 QA es mayor en 11.7% y 13.8% respectivamente, para a/c 0.60 QA es menor en 0.5%.

Día 7: Para a/c 0.45 y 0.60 QI es menor en 3.8% y 0.6 % respectivamente, para a/c 0.55 QI es mayor en 6.1%. Para a/c 0.45 y 0.60 QA es menor en 0.7% y 0.3 % respectivamente, para a/c 0.55 QA es mayor en 6.9%.

Día 14: Para a/c 0.45 y 0.60 QI es menor en 1.1% y 5.6 % respectivamente, para a/c 0.55 QI es mayor en 0.9%. Para a/c 0.45 y 0.55 QA es mayor en 2.0% y 1.2% respectivamente, para a/c 0.60 QA es menor en 5.0%.

Día 28: Para a/c 0.45 y 0.60 QI es menor en 1.0% y 7.8% respectivamente, para a/c 0.55 QI es mayor en 10.7%. Para a/c 0.45 y 0.55 QA es mayor en 0.2% y 10.8% respectivamente, para a/c 0.60 QA es menor en 7.2%.

#### COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO:

	SOL			QUISQUEYA			QUISQUEYA+ADIT.		
	costo xm3 (S/.)	f'c kg/m2	Mr kg/m2	costo xm3 (S/.)	f'c kg/m2	Mr kg/m2	costo xm3 (S/.)	f'c kg/m2	Mr kg/m2
0.45	<b>248.2</b>	352.0	50.0	<b>238.7</b>	400.3	49.5	<b>250.3</b>	446.7	50.1
0.55	<b>200.1</b>	328.4	40.1	<b>192.8</b>	327.5	44.4	<b>204.9</b>	365.0	44.4
0.60	<b>180.6</b>	317.7	32.1	<b>174.2</b>	254.2	29.6	<b>184.6</b>	287.7	29.8

Se nota la variación del costo por metro cúbico de concreto, esto debido a que influye de modo determinante la relación a/c en el diseño de mezcla.

Para concretos preparados con cemento Sol y a/c 0.45 genera f'c similar a concretos con cemento Quisqueya con aditivo y a/c 0.55 pero con una diferencia de s/. 43.3. Lo mismo (f'c similar) ocurre con concretos preparados usando cemento Sol y a/c 0.55 con concretos usando Quisqueya y a/c 0.55 y una diferencia de s/. 7.3.

## CONCLUSIONES

### GENERALIDADES:

El motivo principal de realizar el presente trabajo de investigación fue de determinar las principales propiedades del concreto preparado con cemento Quisqueya portland tipo I en su estado fresco y endurecido y compararlo con concreto empleando cemento portland Sol tipo I.

El aditivo usado es: Chema Rentrampplast que es un aditivo plastificante y retardante del Tipo D según las normas NTP y ASTM.

Los cementos usados son: Sol Tipo I, y Quisqueya Tipo I.

Los agregados son: Agregado Grueso de la cantera La Gloria y TNM 1", Agregado Fino de la cantera Trapiche.

La preparación del concreto se hizo en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM) a una temperatura ambiente entre 21 °C y 23.8 °C.

Las relaciones a/c del presente estudio son: 0.45, 0.55 y 0.60.

Los ensayos realizados son los siguientes:

- Factor de Compacidad.
- Peso Unitario.
- Contenido de aire.
- Exudación.
- Tiempo de Fraguado.
- Temperatura.
- Ph del concreto.
- Ensayo de Compresión usando cilindros de 15cmx30cm.
- Ensayo de flexión con vigas.

Se fabricaron 9 tipos de concreto:

- Concreto de referencia usando cemento Sol Tipo I, con relaciones a/c: 0.45, 0.55 y 0.60.
- Concreto usando cemento Quisqueya Tipo I, con relaciones a/c: 0.45, 0.55 y 0.60.
- Concreto usando cemento Quisqueya Tipo I y aditivo plastificante retardante Chema Rentrampplast, con una dosis de 0.35% del peso de cemento usado en el diseño, con relaciones a/c: 0.45, 0.55 y 0.60.

### CONCLUSIONES:

1. El factor de compacidad del concreto con cemento Quisqueya, tiende a aumentar en 1.0%, pero cuando se incorpora el aditivo aumenta en 2.0% es decir el aditivo incrementa el factor de compacidad.
2. El peso unitario del concreto con cemento Quisqueya, es mayor en 1%, pero cuando se incorpora aditivo es mayor en 1.5%. El aditivo aumenta el peso unitario del concreto
3. El contenido de aire del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 40% para relaciones a/c 0.45 y 0.60, para relaciones a/c 0.55 es menor en 64%, cuando se incorpora el aditivo el contenido de aire es menor en 50% para a/c 0.45 y 0.55; para a/c 0.60 es menor en 25.7%.
4. La exudación del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 13.0% (segrega menos agua), cuando se incorpora el aditivo la exudación es menor en 21.0%, por lo que el aditivo retiene las partículas de agua dentro de la mezcla de concreto. La reducción de agua de mezclado es del 10.0%
5. El tiempo de fraguado inicial del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 10.0% o 30 minutos (fragua inicial en menor tiempo) cuando se incorpora el aditivo el fraguado inicial es mayor en 12% o 40 minutos (fragua inicial en mayor tiempo), por lo que el aditivo retarda el tiempo de fraguado inicial.
6. El tiempo de fraguado final del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 10.0% o 30 minutos (fragua final en menor tiempo) cuando se incorpora el

aditivo el fraguado final es mayor en 5.5% o 40 minutos (fragua final en mayor tiempo), por lo que el aditivo retarda el tiempo de fraguado final.

7. La temperatura interna del concreto con cemento Quisqueya para relaciones a/c 0.60 es mayor en 8.2%, cuando se incorpora el aditivo aumenta en 1.7%, por lo que el calor de hidratación es mayor en este caso y para los otros diseños la temperatura es menor en 4.5%.

8. El pH de los concretos ensayados están alrededor de 13, por lo que la mezcla no constituye un agente corrosivo en caso de usarse conjuntamente con acero de refuerzo para elaborar concreto armado.

9. Para relaciones a/c 0.45: la resistencia a la compresión del concreto con cemento Quisqueya, es mayor en 13.0% cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la compresión del concreto es mayor en 27%.

10. Para relaciones a/c 0.55: la resistencia a la compresión del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 0.3%, cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la compresión del concreto es mayor en 11.0 %.

11. Para relaciones a/c 0.60: la resistencia a la compresión del concreto con cemento Quisqueya, son menores en 20.1%, cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la compresión del concreto es menor en 9.4 %.

12. Para relaciones a/c 0.45: la resistencia a la flexión del concreto con cemento Quisqueya, es menor en 1% cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la flexión es mayor en 0.2 %.

13. Para relaciones a/c 0.55: la resistencia a la flexión del concreto con cemento Quisqueya, es mayor en 10.7%, cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la flexión del concreto es mayor en 10.8 %.

14. Para relaciones a/c 0.60: la resistencia a la flexión del concreto con cemento Quisqueya, son menores en 7.8%, cuando se incorpora el aditivo la resistencia a la flexión del concreto es menor en 7.2%.

## RECOMENDACIONES

1. Los concretos con cemento Sol segregan más agua que los preparados con cemento Quisqueya por lo que se debe controlar la exudación del concreto, por ejemplo reduciendo la relación a/c, usando aditivos reductores de agua (el empleado en la presente investigación), o usando el mínimo slump, ya que si bien es cierto esta agua que aflora hacia la superficie se pierde por evaporación reduce el contenido de agua dentro de la mezcla de concreto, también puede ser perjudicial para el concreto armado endurecido, ya que se reduce el volumen de la mezcla y en consecuencia disminuye también la medida del recubrimiento especificado, así mismo se crean conductos capilares de agua que al fraguar el concreto estas se evaporan y reducen la resistencia del concreto.
2. Los concretos preparados con cemento Quisqueya tienen un tiempo de fraguado inicial y final menores que los fabricados con cemento Sol, por lo que si se emplean los primeros se debe contar con una buena planificación de obra a fin de evitar contratiempos en el curso normal de la construcción, o usar los aditivos retardantes empleados en el presente estudio.
3. Para a/c 0.55 y 0.60 los concretos preparados con cemento Quisqueya generan mayor temperatura interna (alrededor del 8.0%), esto puede producir una rápida evaporación de agua de mezclado, por lo que se recomienda controlar esta temperatura, por ejemplo realizando las mezclas a tempranas horas del día.
4. Usar concretos empleando Cemento Pórtland Tipo I Quisqueya para a/c 0.45 ya que tiene mayor resistencia a la compresión y el costo de producción por m<sup>3</sup> es menor en s/. 9.5 con respecto a los concretos usando Cemento Pórtland Tipo I Sol.
5. Usar concretos empleando Cemento Pórtland Tipo I Sol para a/c 0.60 ya que tiene mayor resistencia a la compresión con respecto a los concretos usando Cemento Pórtland Tipo I Quisqueya.
6. Si se solicita  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  usar concretos preparados con Quisqueya

y aditivo ya que el costo de producción por m<sup>3</sup> es menor en s/. 43.3 con respecto a los concretos usando Sol.

7. No es necesario usar aditivo para incrementar el valor del Modulo de Rotura Mr, ya que la variación no es considerable.

8. Continuar con las investigaciones acerca de este nuevo cemento, ya que existen diversos productos tales como aditivos, fibras de acero, entre otros, que se pueden incorporar a los compuestos básicos del concreto preparados con este cemento para determinar si son compatibles en nuestro medio.

## BIBLIOGRAFIA

1. Adam M. Neville  
Tecnología del concreto  
Editorial Limusa  
México 1998
2. American Concrete Institute  
Normas ACI  
1era edición  
USA 2005
3. American Society for Testing and Materials  
ASTM Normas C  
1era edición  
USA 2000
4. ASOCEM  
Asociación de Productores de Cemento  
<http://www.asocem.org.pe/>  
Lima 2008
5. ASOCEM  
Asociación de Productores de Cemento  
Boletines Técnicos  
Lima 2008
6. Cemento Quisqueya: Distribuidora PERU MAC  
[www.quisqueyaperumac.blogspot.com/](http://www.quisqueyaperumac.blogspot.com/)  
Lima 2008
7. Cementos Lima S.A.  
Cementos Sol  
Boletín Técnico  
Lima 2003.
8. CEMEX  
Cementos Mexicanos S.A.  
<http://www.cemexdominicana.com/index.asp>  
México 2008
9. CHEMA S.A.  
Aditivo Chema Rentrampplast



Boletín Técnico

Lima 2005.

10. Francisco Ccama

Efectos del aditivo retardante plastificante sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia

Tesis para optar grado de ingeniero Civil

Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil

Lima Perú 1999.

11. INDECOPI

Normas Técnicas Peruanas

2da edición.

Lima Perú 2001

12. INDECOPI

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.

Lima Perú 2007

[www.indecopi.gob.pe/ArchivosPortal/publicaciones/5/2007/1-841/6/8/Inf021-2007.pdf](http://www.indecopi.gob.pe/ArchivosPortal/publicaciones/5/2007/1-841/6/8/Inf021-2007.pdf)

13. LOMA NEGRA

Artículos publicados

Argentina 2007

[www.lomanegra.com.ar/pdf/trabajos/EXUDACION\\_Y\\_ASENTAMIENTO\\_PLASTICO\\_DEL\\_HORMIGON.pdf](http://www.lomanegra.com.ar/pdf/trabajos/EXUDACION_Y_ASENTAMIENTO_PLASTICO_DEL_HORMIGON.pdf)

14. M S Shetty

Concrete Technology: Theory and Practice

Editorial S. Chand & Company Ltd

USA 2005

15. North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance

<http://www.p2pays.org/>

16. Paul Klieger, Joseph F. Lamond

Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials.

ASTM international

USA 1994

17. Rivva López, Enrique

Diseño de Mezclas

Editorial ACI

Lima - Perú 1993.

18. Sandor Popovics

Concrete materials: properties, specifications, and testing

Editora William Andrew Inc.

USA 1992

## ANEXOS

### GALERÍA DE FOTOS



Arena Gruesa empleada en la investigación



Piedra chancada empleada en la investigación



Aditivo Plastificante Retardante empleado en la investigación



Envoltura del cemento Quisqueya, nótese las cuatro envolturas del empaque



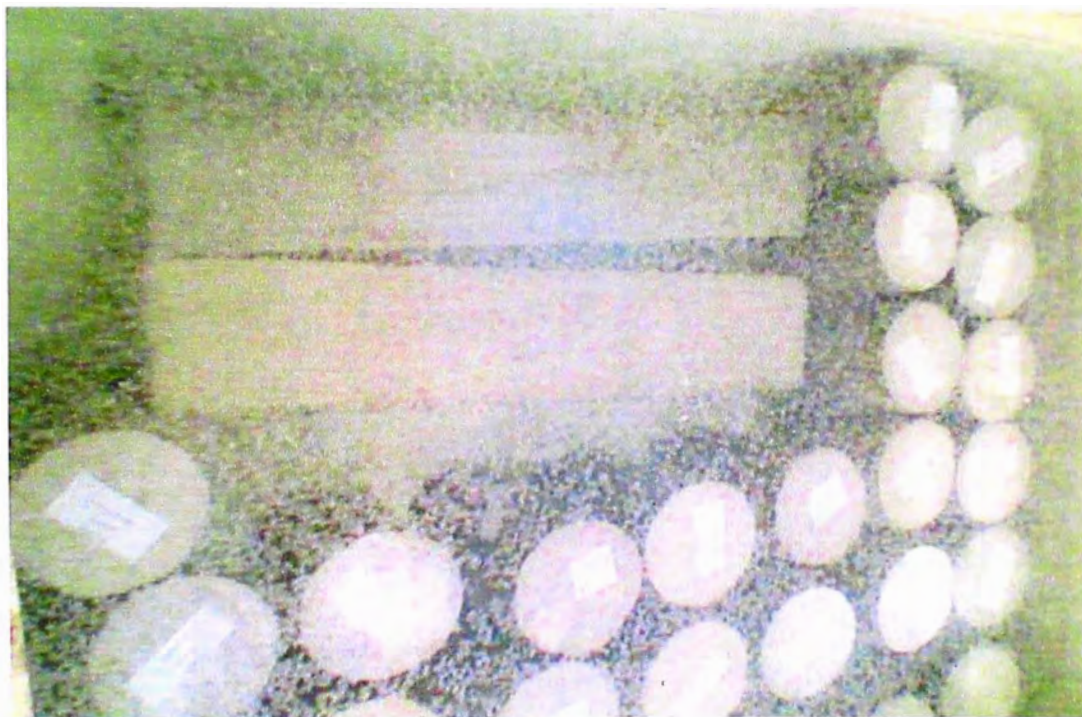
pH del concreto fresco, nótese que los colores indican un valor entre 12 y 13



Preparación de cilindros de concreto para ensayo a compresión



Preparación de vigas de concreto para ensayo a flexión



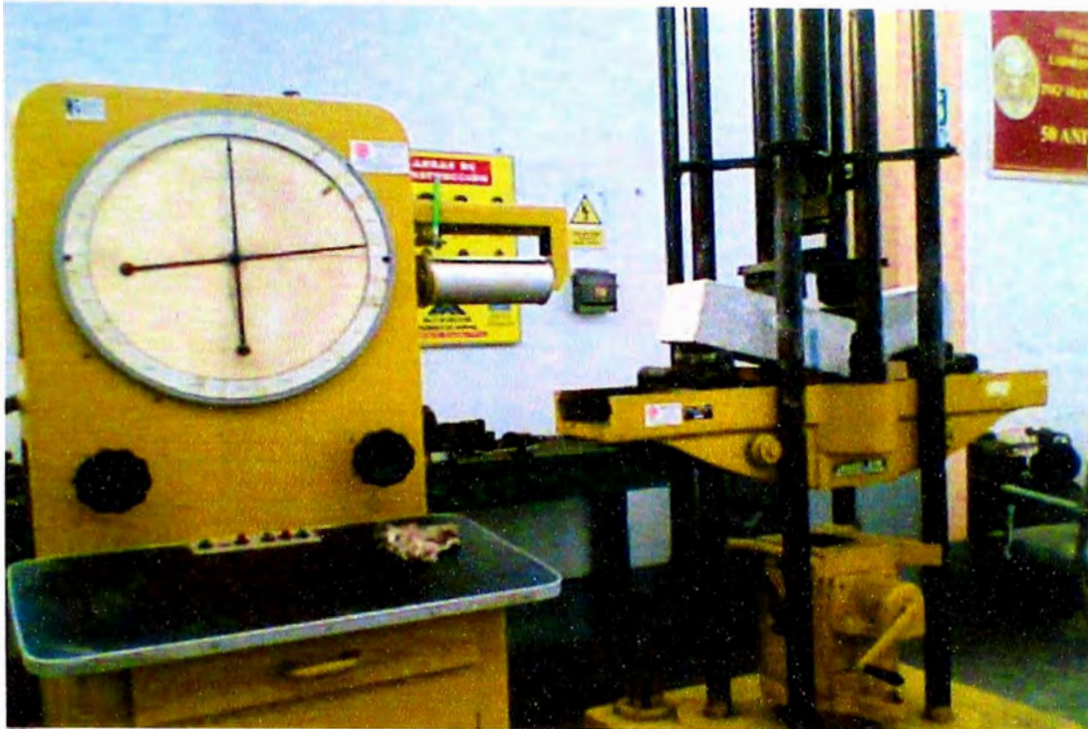
Curado del concreto endurecido en pozas saturadas con cal



Exudación del concreto



Muestras antes del ensayo del tiempo de fraguado



Ensayo de resistencia a flexión



Falla de las vigas en el tercio central





Ensayo de resistencia a la compresión



Cilindro después del ensayo a compresión

## CERTIFICADO DE ENSAYOS



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Manuel Gonzáles de La Cotera



## CONSTANCIA

LA JEFA DEL LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, deja constancia que :

El Bach. PAVEL CHUQUIVILCA LOPEZ, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, ha realizado sus ensayos de Propiedades Físicas del Agregado y Concreto en el Laboratorio N°1, para la realización de su Tesis: “Características y Comportamiento del Cemento Quisqueya”, desde el 15 de Febrero de 2008 al 15 de Mayo de 2008.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima, 07 de Agosto de 2008

  
  
Ing. ISABEL MOROMI NAKATA  
Jefe (e)

Información del cemento Quisqueya desde:

<http://quisqueyaperumac.blogspot.com/2008/01/ficha-tnica-de-cementos-quisqueya.html>

**CALCINACION :** Es la parte medular del proceso donde se emplean grandes hornos rotatorios en cuyo interior , a 1440°C, la harina se transforma en clínker ,que son pequeños módulos gris oscuro de 3 a 4 cm.

**MOLIENDA DE CEMENTO :** El clínker es molido a través de bolas de acero de diferentes tamaños a su paso por las dos cámaras del molino, agregando el yeso para alargar el tiempo de fraguado del cemento.

**ENVASE Y EMBARQUE DEL CEMENTO:** el cemento es enviado a los silos de almacenamiento de los que se extrae por sistemas neumáticos o mecánicos, siendo transportado a donde será envasado en sacos de papel o surtido directamente a granel. en ambos casos se puede desachar en camiones, tolvas de ferrocarril o barcos.

## INASSA INTERNACIONAL ANALYTICAL SERVICES

S.A.C.

ORGANISMO DE CERTIFICACION DE PRODUCTOS ACREDITADO POR LA COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES CON REGISTRO No 004

### CERTIFICADO DE CONFORMIDAD No 2156/

2007/C

SOLICITANTE	: LATIN AMERICAN TRADING S.A.
DIRECCION LEGAL	: AV. PARDO Y ALIAGA No699 OF 701-A SAN ISIDRO
PRODUCTO	: CEMENTO PORTLAND TIPO I
IDENTIFICACION	: CEMENTO PORTLAND TIPO I CEMEX DOMINICANA (*)
PRESENTACION	: BOLSA DE 15 KG. APROX
CANTIDAD DE MUESTRA	: 02 BOLSAS X 15 KG APROX.
FECHA DE RECEPCION	: 2007.06.06
FECHA DE ENSAYO	: 2007.06.08 AL 2007.06.28
ENSAYO EFECTUADO POR	: LABORATORIOS EXTERNOS
SISTEMA DE CERTIFICACION	: No 1 (MUESTRA TIPO)
INFORME DE ENSAYO	: 377-JN/07
SOLICITUD DE CERTIFICACION	: 07-9509
PROYECTO DE CERTIFICACION	: 0052007-JAC
REFERENCIA	: CARTA CLIENTE (25.05.2007) COTIZACION No0010731(2007.05.28) CARTA CLIENTE (06.06.2007) (*IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE SEGUN CARTA (28.06.2007) MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

ALCANCE: SISTEMA DE CERTIFICACION USADO No1

EL PRODUCTO HA SIDO EVALUADO SEGUN LOS REQUISITOS INDICADOS EN LA NTP 334.009:2005 CEMENTOS .CEMENTOS PORTLAND.REQUISITOS:CEMENTO TIPO I.

LOS METODOS DE ENSAYO HAN SIDO ACORDADOS CON EL CLIENTE.

### RESULTADOS

#### ANALISIS FISICOS

REQUISITOS	EVALUACION	RESULTADOS
ESPECIFICACION		
CONTENIDO DE AIRE DEL MORTERO	(VOLUMEN)	
MAXIMO	CONFORME	3,47 12 %

Información del cemento Quisqueya desde:

<http://quisqueyaperumac.blogspot.com/2008/01/ficha-tecnica-de-cementos-quisqueya.html> página 2

FINURA, SUPERFICIE ESPECIFICA BLAINE m <sup>2</sup> /KG	384	280 m <sup>2</sup> / KG	min-
imo CONFORME			
EXPANSION EN AUTOCLAVE %	0,00	0,8 %	max-
imo CONFORME			
FRAGUADO VICAT			
imo INICIAL: minutos	91	45	min-
imo CONFORME			
imo FINAL: minutos	225	375	max-
imo CONFORME			
RESISTENCIA A LA COMPRESION MPa			
imo 3 DIAS	32,2	12,0 MPa	min-
imo CONFORME			
imo 7 DIAS	41,7	19,0 Mpa	min-
imo CONFORME			

#### ANALISIS QUIMICOS

REQUISITOS ESPECIFICACION	EVALUACION	RESULTADOS
OXIDO DE MAGNESIO (MgO)%	1,10	6,0 % max-
imo CONFORME		
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>3</sub> )%	1,41	3,0 % max-
imo CONFORME		
PERDIDA POR IGNICION %	1,03	3,0 % max-
imo CONFORME		
RESIDUO INSOLUBLE	0,52	0,75 % max-
imo CONFORME		