

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



“Comparación Técnica-Económica de los cementantes predosificados utilizados en morteros para repello versus los morteros elaborados con cemento blanco ASTM C 150 tipo I y cal”

PRESENTADO POR:

DENNY ELIAS AYALA MEJIA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

Msc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERON

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

“Comparación Técnica-Económica de los cementantes predosificados utilizados en morteros para repello versus los morteros elaborados con cemento blanco ASTM C 150 tipo I y cal”

Presentado por:

DENNY ELIAS AYALA MEJIA

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores :

ING. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA

ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO

ING. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA RODRÍGUEZ

San Salvador, Diciembre de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

DOCENTES DIRECTORES :

ING. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA

ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO

ING. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios que siempre estuvo conmigo y me dio sabiduría para seguir adelante y nunca dejo de estar a mi lado en las buenas y las malas, también a mi madre Carmen Mejia que siempre a sido las que me da ánimos para no dejar las cosas a media y que es mi inspiraron en todas las cosas que hago y que siempre me apoya en mis decisiones, a mis hermanos Elías y Wendy quiero decirles que los quiero mucho y que son súper especiales para mi y que gracias a Dios hemos salido adelante los tres.

También quiero agradecer a mi padre Elías Ayala que a pesar de no estar conmigo a tratado de darme lo mejor y lucho para que pudiéramos salir adelante, personas especiales también como Consuelo, Jessica, Carlos, etc. que fueron de mucha ayuda para mi y siempre estuvieron cuando los necesite muchas gracias por todo.

De forma especial quiero agradecer al Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, a Carlos del laboratorio de suelos y materiales de la UES, a mis docentes Directores que me ayudaron mucho con sus consejos y sus regaños y al CIAM

Muchas gracias a todos los involucrados en este logro que se lo dedico a Dios Todopoderoso y a mis padres, que sin la ayuda de ellos yo no podría haber logrado muchas gracias.

Denny Elías Ayala Mejia.

INDICE GENERAL.

TÍTULO	Nº DE PAG.
SUMARIO	i
1.0 CAPITULO I: ANTEPROYECTO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Alcances del trabajo de graduación.....	6
1.6 Limitaciones del trabajo de graduación.....	8
1.7 Justificación del trabajo de graduación.....	10
2.0 CAPITULO II: MARCO TEORICO	12
2.1 MORTERO	13
2.2 COMPONENTES DEL MORTERO	13
2.2.1 Cemento Pórtland blanco.....	13
2.2.1.1 Composición química.....	13
2.2.1.2 Proceso de fabricación del cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I.....	15
2.2.1.3 Propiedades del cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I.....	18
2.2.2 agregado Fino.....	23

2.2.3 Agua de mezclado.....	31
2.2.4 Cal.....	36
2.3 MORTERO.....	39
2.3.1 Tipos de morteros y sus usos.....	39
2.3.2 Propiedades del mortero.....	40
2.3.3 Proceso de elaboración de la mezcla.....	44
2.3.4 Ensayos al mortero fresco.....	46
2.3.5 Ensayos al mortero endurecido.....	48
2.4 CEMENTANTES PREDOSIFICADOS.....	48
2.4.1 Características Técnicas del Cementante.....	48
2.4.2 Ventajas del cementante.....	49
2.4.3 Preparación de la base de soporte para el cementante Predosificado.....	49
2.4.4 Forma de mezclado.....	50
2.4.5 Forma de repellar con cementante predosificado.....	50
2.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL REPELLO.....	55
 CAPITULO III: ENSAYOS A REALIZAR AL CEMENTANTE	
PREDOSIFICADO.....	65
3.1 INTRODUCCIÓN.....	66
3.2 ENSAYOS AL CEMENTANTE PREDOSIFICADO.....	67
3.2.1 Trabajabilidad con la mesa de Fluidez ASTM C 109.....	67
3.2.2 Resistencia a la compresión ASTM C 109.....	77

3.2.3 Tiempo de fraguado inicial y final del mortero por resistencia a la penetración ASTM C 403.....	84
3.2.4 Tiempo de fraguado por medio de las agujas de Vicat ASTM C 191.....	96
3.2.5 Ensayo de PH.....	105
3.2.6 Ensayo de Difracción de rayos x.....	112
4.0 CAPITULO IV: ENSAYOS DE LABORATORIO A LA ARENA Y ENSAYOS AL MORTERO DE DISEÑO CON CEMENTO PORTLAND BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL.....	133
4.0 INTRODUCCIÓN.....	134
4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO A LA ARENA.....	136
4.1.1 Práctica para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo ASTM C-702.....	123
4.1.2 Determinación de impurezas orgánicas de los agregados finos para mortero ASTM C-40.....	142
4.1.3 Análisis Granulométrico y Calculo del Modulo de finura ASTM C-136 y ASTM C 144-3 especificación estándar para agregados para morteros de albañilería.....	145
4.1.4 Gravedad específica y absorción de los agregados finos ASTM C- 128.....	155
4.1.5 Contenido de humedad ASTM C-566.....	161

4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO AL MORTERO.....	166
4.2.1 Trabajabilidad con la mesa de Fluides ASTM C-109.....	166
4.2.2 Resistencia a la compresión ASTM C-109.....	176
4.3.3 Fraguado inicial y final de mortero ASTM C-403.....	181
5.0 CAPITULO V: PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO UTILIZANDO EL CEMENTANTE PREDOSIFICADO Y MORTERO DISEÑADO CON CEMENTO PÓRTLAND BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	188
5.0 INTRODUCCIÓN.....	189
5.1 PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO.....	191
5.1.1 Monitoreo del repello con cementante predosificado.....	191
5.1.2 Monitoreo de los repellos con morteros diseñados.....	193
5.2 ANÁLISIS TÉCNICO.....	201
5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	204
6.0 CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	210
CONCLUSIONES.....	211
RECOMENDACIONES.....	215
BIBLIOGRAFIA.....	218
GLOSARIO.....	220

ÍNDICE DE TABLAS.

Nº DE TABLA

TÍTULO.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

- 2.1 Composición Química, Compuestos Químicos Y Finura De Algunos Cementos Típicos.
- 2.2 Requisitos Mínimos De Compresión Para Cada Tipo De Cemento.
- 2.3 Propiedades Y Pruebas De Agregados Que Se Utilizan Para Elaborar Concreto.
- 2.4 Límites Del Tamaño De Los Tamices.
- 2.5 Tolerancias Permisibles Para El Agua De Mezclado, En Pruebas Comparativas Con Aguas Destiladas.
- 2.6 Cantidades De Materiales Requeridos Para Hacer Un Metro Cúbico De Mortero

CAPITULO III: ENSAYOS A REALIZAR AL CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

- 3.1 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.20
- 3.2 Fluidez Para Una Relación A/Cementante Predosificado = 0.25
- 3.3 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.267

- 3.4 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29
- 3.5 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29
- 3.6 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29
- 3.7 Resistencias Mínimas A Compresión De Los Diferentes
- 3.8 Resistencias Promedios De Mortero Predosificado
- 3.9 Resultados De Resistencia A Penetración Del Cementante Predosificado
- 3.10 Resultados De Resistencia A Penetración Del Cementante Predosificado
- 3.11 Valores De Resistencia A Penetración Cementante Predosificado
- 3.12 Valores De Resistencia A Penetración Cementante Predosificado
- 3.13 Resultados Del Ensayo De Fraguado Por Aguja De Vicat
- 3.14 Resultados Del Ensayo De PH

**4.0 CAPITULO IV: ENSAYOS DE LABORATORIO A LA ARENA Y
ENSAYOS AL MORTERO DE DISEÑO CON CEMENTO
PORTLAND BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL.**

- 4.1 Cantidad Máxima Admisible De Material Retenido En Una Malla, Kg
- 4.2 Limites De Graduación Para Arena
- 4.3 Cálculo Del Modulo De Finura
- 4.4 Mallas Utilizadas Para El Cálculo Del Módulo De Finura
- 4.5 Análisis Granulométrico De Agregado Fino
- 4.6 Resultados De Gravedad Específica Y Absorción
- 4.7 Cantidades De Material A Ensayar Dependiendo Del Tamaño Máximo Nominal Del Agregado
- 4.8 Resultados De Los Ensayos De Humedad
- 4.9 Especificación Por Proporción ASTM C 270
- 4.10, Cantidad De Materiales A Utilizar Para Realizar Diseños De Morteros
- 4.11 Diseño De Mortero Con Mínimo De Cal
- 4.12 Cantidad De Materiales A Ser Mezclados En Una Bachada
- 4.13 Cantidad De Materiales Para Realizar 9 Cubos De Mortero
- 4.14 Resultados De La Primera Prueba De Fluidez

- 4.15 Resultados De La Segunda Prueba De Fluidez
- 4.16 Cantidad De Materiales Del Primer Diseño De Mezcla De Mortero
- 4.17 Diseño De Mortero Con Valor Medio De Cal
- 4.18 Cantidad De Materiales Para Elaborar 9 Cubos De Mortero
- 4.19 Resultados De La Primera Prueba De Fluidez
- 4.20 Resultados De La Segunda Prueba De Fluidez
- 4.21 Cantidad De Materiales Para Elaborar 9 Cubos De Mortero
- 4.22 Diseño De Mortero Con Valor Medio De Cal
- 4.23 Cantidad De Materiales Para Elaborar 9 Cubos De Mortero
- 4.24 Resultados De La Primera Prueba De Fluidez
- 4.25 Resultados De La Segunda Prueba De Fluidez
- 4.26 Cantidad De Materiales Para Elaborar 9 Cubos De Mortero
- 4.27 Resultados De Ensayos De Resistencia A Compresión, Mezcla Con Relación De $\frac{1}{2}$ De Cal Y Con Relación De $A/(C+Cal) = 0.60$
- 4.28 Resultados De Ensayos De Resistencia A Compresión, Mezcla Con Relación De 7 De Cal Y Con Relación De $A/(C+Cal) = 0.61$

- 4.29 Resultados De Ensayos De Resistencia A Compresión, Mezcla Con Relación De 1 ¼ De Cal y Con Relación De $A/(C+Cal) = 0.67$
- 4.30 Resultados Del Ensayo De Fraguado Al Mortero Con Cantidad Mínima De Cal
- 4.31 Tiempos De Fraguado Inicial Y Final
- 4.32 Resultados Del Ensayo De Fraguado Al Mortero Con Cantidad Media De Cal
- 4.33 Tiempos De Fraguado Inicial Y Final
- 4.34 Resultados Del Ensayo De Fraguado Al Mortero Con Cantidad Máxima De Cal
- 4.35 Tiempos De Fraguado Inicial Y Final

5.0 CAPITULO V: PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO UTILIZANDO EL CEMENTANTE PREDOSIFICADO Y MORTERO DISEÑADO CON CEMENTO PÓRTLAND BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL Y ANALISIS DE RESULTADOS.

- 5.1 Resultados De Las Pruebas Realizadas A Los Morteros
- 5.2 Exigencia En Los Resultados De Los Ensayos Por Normas ASTM
- 5.3 Cantidad De Materiales Que Se Necesitaron Para Cada Repello

- 5.4 Diseño 1 De Mortero, Precio Total Por Metro
Cuadrado De Repello
- 5.5 Diseño 2 De Mortero, Precio Total Por Metro
Cuadrado De Repello
- 5.6 Diseño 3 De Mortero, Precio Total Por Metro
Cuadrado De Repello

INDICE DE FIGURAS.

Nº	TÍTULO.
<i>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.</i>	
2.1	Hornos Giratorios Para La Molienda Del Clinker
2.2	Ensayo De Resistencia A La Compresión.
2.3	Límites Granulométricos Especificados Para La Arena.
2.4	Condiciones De Humedad De Los Agregados.
2.5	Ciclo De La Cal
2.6	Deposito Para Mezclar
2.7	Pared Humedecida.
2.8	Primera Capa De Agarre.
2.9	Nivelación De Las Paredes.
2.10	Acabado Final.
2.11	Curado De Paredes.
2.12	Plomada Y Cordel
2.13	Limpieza Previa De La Superficie.
2.14	Desecho Del Exceso De Mortero.
2.15	Mezclado De Materiales.
2.16	Primera Capa Del Repello
2.17	Segunda Capa Del Repello
2.18	Limpieza De Superficie Antes De La Aplicación Del Repello.

- 2.19 Preparación De La Superficie Para Realizar El Repello
- 2.20 Colocación De Cordeles.
- 2.21 Humedecer Paredes Antes De Colocar El Repello
- 2.22 Colocación De La Primera Capa De Repello
- 2.23 Hechura De Fajas.
- 2.24 Colocación De La Segunda Capa De Repello.
- 2.25 Uniformizado De Superficie.
- 2.26 Curado Del Repello.

***CAPITULO III: ENSAYOS A REALIZAR AL CEMENTANTE
PREDOSIFICADO.***

- 3.1 Mezclador, Olla Y Paleta
- 3.2 Molde Y Mesa De Fluidez
- 3.3 Calibrador Estándar
- 3.4 Colocación Del Agua Y El Cemento En El Tazón De Mezclado
- 3.5 Adición De Arena A La Pasta De Cemento
- 3.6 Apisonado Del Mortero En El Molde De Fluidez
- 3.7 Medición De La Fluidez
- 3.8 Balanza De 0.1 G De Precisión
- 3.9 Moldes Para Especímenes
- 3.10 Mezcladora, Olla Y Paleta

- 3.10 Mezcladora, Olla Y Paleta
- 3.11 Maquina De Compresión
- 3.12 Orden Del Apisonado En El Moldeado De Los Especimenes De Ensayo
- 3.13 Apisonado Del Mortero En Los Moldes
- 3.14 Ensayo A Compresión De Espécimen En Maquina Universal
- 3.15 Grafico Resistencia A La Compresión Del Mortero Predosificado
- 3.16 Contenedores Para Especimenes De Mortero
- 3.17 Agujas De Penetración
- 3.18 Aparato De Carga
- 3.19 Introducción De La Aguja De 1 Pul En El Mortero
- 3.20 Primera Prueba De Tiempo De Fraguado Del Mortero Predosificado Con Relación De A/Cementante Predosificado = 0.25
- 3.21 Segunda Prueba De Tiempo De Fraguado Del Mortero Predosificado Con Relación De A/Cementante Predosificado = 0.25.
- 3.22 Primera Prueba De Tiempo De Fraguado Del Mortero Predosificado Con Relación De A/Cementante Predosificado = 0.20.

- 3.23 Segunda Prueba De Tiempo De Fraguado Del Mortero Predosificado Con Relación De A/Cementante Predosificado = 0.20
- 3.24 Mezclado Del Cementante Predosificado Con El Agua
- 3.25 Aparato De Vicat
- 3.26 Escala Del Aparato De Vicat
- 3.27 Componentes Del Aparato De Vicat
- 3.28 Grafica De Ensayo De Tiempo De Fraguado Inicial Por Aguja De Vicat
- 3.29 Homogeneización De La Muestra
- 3.30 Probeta De 50 ML
- 3.31 Erlenmeyer
- 3.32 Soluciones Buffer Con Ph=4, Ph=7 Y Ph=10
- 3.33 Lavado De Electrodo Con Agua Destilada
- 3.34 Introducción De Los Electrodo En La Muestra.
- 3.35 Lectura De Ph
- 3.36 Diagrama Del Difractometro De Dos Círculos
- 3.37 Generador De Potencial Constante Pw1730/00
- 3.38 Panel De Control Frontal Del Generador De Potencial Constante Pw1730/00
- 3.39 Equipo Encargado De Suministrar Agua Al Sistema De Enfriamiento Del Pw1730/00
- 3.40 Goniómetro Horizontal Pw1380

- 3.41 Pulverización De La Muestra Con Mortero De
Ágata
- 3.42 Preparación De La Muestra En Vidrio
- 3.43 Generador De Potencial Constante (Mains).
- 3.44 Fuente De Alimentación
- 3.45 Carga Del Software Labview/ Fénix V. 2.0
- 3.46 Porta Muestras Del Goniómetro
- 3.47 Fijación Del Ángulo De Inicio Del Goniómetro
- 3.48 Apertura Del Tubo De Rayos X
- 3.49 Separación Del Material Grueso Del Fino Por
Medio De Malla N° 200
- 3.50 Espectro Del Cementante Predosificado
- 3.51 Espectro Del Material Retenido En La Malla
N° 200
- 3.52 Espectro Del Material Que Pasa La Malla N° 200
- 3.53 Sobre Posición De Los Espectros
- 3.54 Manual De Búsqueda De Hanawalt

**4.0 CAPITULO IV: ENSAYOS DE LABORATORIO A LA ARENA Y
ENSAYOS AL MORTERO DE DISEÑO CON CEMENTO
PORTLAND BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL.**

- 4.1 Partidor Mecánico De 8 Conductos
- 4.2 Mezclado De La Arena

- 4.3 Remoción De Los Cuartos Diagonalmente Opuestos
- 4.4 Mezcla De Hidróxido De Sodio Con Arena
- 4.5 Comparación De La Carta De Colores Con La Mezcla Después De 24 Horas
- 4.6 Mallas Para Ensayo De Granulometría
- 4.7 Agitador De Mallas Mecánico
- 4.8 Curva Granulométrica Del Agregado
- 4.9 Muestra Sumergida Por 24 Horas
- 4.10 Equipo Para Realización De Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción
- 4.11 Determinación De La Humedad De Los Agregados Por Medio De Horno
- 4.12 Llenado De Cubos Con Mortero
- 4.13 Resistencia A Compresión Del Mortero Con El Contenido Mínimo De Cal
- 4.14 Resistencia A Compresión Del Mortero Con El Contenido Medio De Cal
- 4.15 Resistencia A Compresión Del Mortero Con El Contenido Máximo De Cal
- 4.16 Tiempos De Fraguado Del Mortero Con Contenido Mínimo De Cal
- 4.17 Tiempos De Fraguado Del Mortero Con Contenido Medio De Cal

- 4.18 Tiempos De Fraguado Del Mortero Con
Contenido Máximo De Cal

**5.0 CAPITULO V: PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO UTILIZANDO EL
CEMENTANTE PREDOSIFICADO Y MORTERO
DISEÑADO CON CEMENTO PÓRTLAND BLANCO
ASTM C 150 TIPO I Y CAL Y ANALISIS DE
RESULTADOS.**

- 5.1 Repello Con Cementante Predosificado A Los
3 Días De Haber Sido Colocado
- 5.2 Repello Con Cementante Predosificado A Los
21 Días De Haber Sido Colocado.
- 5.3 Repello Con Cementante Predosificado A Los
45 Días De Haber Sido Colocado
- 5.4 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Mínimo De
Cal A Los 3 Días De Haber Sido Colocado
- 5.5 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Mínimo De
Cal A Los 7 Días De Haber Sido Colocado.

- 5.6 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Mínimo De
Cal A Los 14 Días De Haber Sido Colocado
- 5.7 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Medio De
Cal A Los 7 Días De Haber Sido Colocado
- 5.8 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Medio De
Cal A Los 14 Días De Haber Sido Colocado.
- 5.9 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Máximo De
Cal A Los 14 Días De Haber Sido Colocado
- 5.10 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Máximo De
Cal A Los 21 Días De Haber Sido Colocado
- 5.11 Repello Con Mortero Elaborado Con Cemento
Pórtland Mezclado Con El Contenido Máximo De
Cal A Los 45 Días De Haber Sido Colocado
- 5.12 Medidas De Las Paredes Que Fueron Repelladas

SUMARIO.

Tradicionalmente en El Salvador el cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I, se ha utilizado con fines exclusivamente estructurales, se pretende en esta oportunidad, aprovechar las propiedades de este cemento con el objeto de emplearlas para producir un mortero que brinde muchas ventajas, precisamente en viviendas de bienestar social ya que este podría beneficiar en reducir los costos de construcción, y así ser esta una alternativa mas para personas de bajos recursos económicos que requieran de una vivienda a un menor costo.

El trabajo de investigación denominado, *COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LOS CEMENTANTES PREDOSIFICADOS UTILIZADOS EN MORTEROS PARA REPELLO VERSUS LOS MORTEROS ELABORADOS CON CEMENTO BLANCO ASTM C 150 TIPO I Y CAL*, esta enfocado a la evaluación de un mortero elaborado con cemento de Portland blanco ASTM C150 tipo 1 y cal, para ser utilizado como mortero para repello en paredes de concreto, como una alternativa diferente al cementante predosificado utilizado en nuestro país.

El trabajo se divide en seis capítulos, que en términos generales describen una investigación que permite generar información para diseñar una mezcla de mortero.

El capítulo primero, describe las generalidades de la investigación, el cual tiene carácter informativo, en donde se plantea el enfoque de la investigación, los antecedentes, objetivos, limitaciones y la justificación de la investigación.

El segundo capítulo corresponde a la parte teórica en general tanto del mortero como del cementante predosificado, para dar a conocer mejor el tema y facilitar la comprensión de los capítulos posteriores.

El capítulo tercero presenta una serie de pruebas laboratorio realizado al cementante predosificado para comprobar si este cumple con los requisitos mínimos que exigen las normas ASTM.

El cuarto capítulo corresponde al análisis de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas tanto a los componentes del mortero en si, como al mortero mismo, en las cuales se encontraran tres mezclas de mortero con cemento Portland blanco y cal que se consideraran como optimas para esta investigación.

En el quinto capítulo se realizaran los análisis técnicos y económicos del cementante predosificado y de los diseños de mezclas con cemento Portland blanco y cal, de lo cual se encontrara la mezcla que sea mas económica y que cumpla con los requisitos de las normas ASTM.

Finalmente, en el sexto capítulo se desarrollan las conclusiones de la investigación experimental y se proponen las recomendaciones surgidas del presente trabajo de investigación.

CAPITULO I

ANTEPROYECTO

1.1 INTRODUCCION

El presente anteproyecto describirá el contenido del trabajo de graduación titulado “Comparación Técnica-Económica de los cementantes predosificados utilizados en morteros para repello versus los morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 (especificación estándar para cemento Pórtland) tipo I y cal”, en el cual se tratará de obtener una alternativa mas económica y de igual o mejor calidad que la de los cementantes predosificados.

Aunque en El Salvador el cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I, se ha utilizado con fines mas que todo estructurales, se pretende en esta oportunidad, aprovechar las propiedades de este cemento con el objeto de emplearlas para producir un mortero que brinde muchas ventajas, precisamente en viviendas de bienestar social ya que este podría beneficiar en reducir los costos de construcción, y así ser esta una alternativa mas para personas de bajos recursos económicos que requieran de una vivienda a un menor costo.

En el mercado se encuentran ahora productos llamados cementantes predosificados los cuales presentan características muy buenas para la elaboración de morteros de repello, el problema con ellos son sus altos costos, por lo cual su utilización se ha visto reducida en nuestro país, ya que personas de escasos recursos económicos no pueden utilizarlos, por lo que se pretende con esta investigación comprobar, si utilizando cemento blanco

ASTM C 150 tipo I mezclado con cal se consigue llegar a cumplir con los requisitos que exigen las Normas ASTM C 270 (Especificación estándar para morteros de albañilería), ASTM C 403 (Tiempos de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración) ASTM C 191 (Tiempo de fraguado inicial y final del cemento por medio de las agujas de Vicat) y ASTM C 109 (Método normalizado de ensayo de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico utilizando especímenes cúbicos de 5 cm) para morteros elaborados con cal, y a la vez verificar si los morteros predosificados cumplen con las características que estos ofrecen.

Con los diseños de mezclas de morteros ensayados, que hubieran cumplido los requisitos de las Normas antes mencionadas se procederá a realizar un análisis económico, el cual nos dirá que tan factible es la utilización del mortero diseñado y en base a los resultados técnicos y económicos se darán las conclusiones de la investigación.

1.2 ANTECEDENTES

En un comienzo los primeros refugios de mampostería probablemente fueron construidos con piedra y mortero de barro, los cuales presentaban las características necesarias para su utilización. Luego se descubrió que la cal apagada hecha de cal viva producía un excelente mortero, ya que poseía un buen comportamiento en adherencia y trabajabilidad. El mortero de cal y arena fue usado para la construcción de mampostería hasta poco antes de

la revolución industrial y el descubrimiento del cemento Pórtland a mediados del siglo XIX en Inglaterra, el cual se empezó a combinar con arena y se utilizó como mortero, pero se tenía el problema que endurecía muy rápido por lo cual se disminuía el tiempo para que fuera utilizado, de no haber sido por esto el mortero de cemento y arena podría haber sido el más convencional.

En la actualidad la norma ASTM C 270 (especificación estándar para morteros de albañilería) cubre solamente cuatro tipos de morteros. Estos tipos de mortero pueden diseñarse de acuerdo a especificaciones por proporción o por propiedades, pero no por ambas cosas. El diseño por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C 270.

Los cuatro tipos de morteros que hace referencia la Norma ASTM C 270 son: M, N, S y O, para lo cual la selección de un tipo particular de mortero se da generalmente en función de las necesidades del elemento estructural acabado.

Dentro de las aplicaciones que tiene el mortero es la de acabados en obras de concreto. Actualmente existen en el mercado la utilización de cementantes predosificados los cuales son una alternativa muy similar al mortero de mampostería con la característica que estos productos presentan diferentes tonalidades y distintos propósitos entre los cuales se tienen su utilización en interiores y exteriores y reparación de fisuras.

La historia de los cementantes Predosificados en nuestro país se remonta diez años atrás aproximadamente. En este tiempo se ha producido el cambio

tecnológico en el mercado nacional, pasando del mortero hecho en obra al predosificado distribuido en silos o en sacos. No obstante las grandes diferencias técnicas y de costo final que representan los cementantes predosificados han hecho que la introducción de este producto en el mercado interno sea muy baja, llegando en la actualidad a cifras que giran en torno al 12% en la Región Metropolitana. La referencia es que en mercados desarrollados, tales como el norteamericano o el europeo, este índice alcanza cifras cercanas al 80%.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad se están usando mezclas de morteros llamados cementantes predosificados para trabajos de acabados específicamente repellos en estructuras de concreto, dichos productos han demostrado tener un buen desempeño y cumplen con las características necesarias de un buen repello, sin embargo sus costos son altos, de tal manera que no logra llegar a proyectos de vivienda de interés social.

Por esta razón se considera en esta investigación la posibilidad de elaborar un mortero para ese mismo tipo de trabajo pero elaborado a base de cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I mezclado con cal, con la finalidad de evaluarlo, monitorearlo y concluir referente al comportamiento técnico y en la parte económica para conocer si este cumple con las características necesarias para su utilización.

Otra de las razones por la cual se realizará esta investigación, es debido a los problemas que se tienen con los morteros que se elaboran de la forma

tradicional o en obra, ya que estos tienden a presentar fisuras o se desprenden de las paredes, por lo cual en base a las normas ASTM C 270, ASTM C 109, ASTM C 191, ASTM C 403 se realizaran diseños de mezclas de morteros con la finalidad de encontrar un diseño que cumpla con todas estas normas y que a la vez cuando estos fueren colocados no se desprendan, ni presenten fisuras en las paredes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✚ Realizar una Comparación Técnica-Económica de los cementantes predosificados utilizados en morteros para repello versus los morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Conocer la teoría acerca de los morteros, los componentes que lo conforman y sus características en estado fresco y endurecido.
- ✚ Determinar las características, ventajas y usos de los cementantes predosificados.
- ✚ Conocer la forma correcta de realizar los repellos.
- ✚ Realizar pruebas al cementante predosificado con el que se este trabajando para corroborar que cumplen con las características que el fabricante ofrece (resistencia a la compresión, trabajabilidad con la mesa de fluidez, tiempo de fraguado inicial y final por resistencia a la

penetración, tiempo de fraguado inicial y final por agujas de Vicat, difracción de rayos x y PH.) .

- ✚ Determinar las características de los agregados a utilizarse en la elaboración del mortero.
- ✚ Realizar diseños de mortero con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal en base a especificaciones ASTM C 270.
- ✚ Realizar pruebas a los morteros diseñados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal (resistencia a la compresión, trabajabilidad con la mesa de fluidez, tiempo de fraguado inicial y final del mortero por resistencia a la penetración).
- ✚ Realizar repellos en campo con las mezclas de diseño de cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal obtenidas en laboratorio.
- ✚ Realizar repello en campo con cementante predosificado.
- ✚ Analizar los resultados de las pruebas que se hayan realizado para obtener costos y características del mortero hecho a base de cemento blanco y del cementante predosificado.

1.5 ALCANCES

Para el siguiente trabajo lo que se pretende es tratar de encontrar un diseño de mezcla elaborado con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal, que sea una alternativa distinta a los cementantes predosificados utilizados para repello, y disminuir así los costos en la elaboración de este mortero en comparación a los cementantes predosificados.

Para lograr esto en primer lugar conoceremos el comportamiento de un cementante predosificado utilizado para repello, para saber si este cumple con los requisitos que exigen las Normas ASTM C 270, ASTM C 109, ASTM C 191, ASTM C 403, en cuanto a resistencia a la compresión, trabajabilidad con la mesa de fluidez, Fraguado inicial y final del mortero por resistencia a la penetración, fraguado inicial y final por medio de las agujas de Vicat a través de pruebas de laboratorio. También se realizarán ensayos de difracción de rayos x para conocer la composición mineralógica del cementante predosificado y su PH.

Se realizarán pruebas a la arena para conocer las características que esta posee y si cumple con los requisitos que se exigen en la norma ASTM C 33 (especificación estándar para los agregados del concreto), las cuales son: ASTM C 702 (Práctica para Reducir Muestras de agregado a Tamaños de Ensayo), ASTM C 40 (Determinación de Impurezas Orgánicas de los Agregados Finos para Concreto), ASTM C 136 (Análisis Granulométrico y Cálculo del Módulo de finura), ASTM C 144-3 (especificación estándar para agregados de morteros de albañilería), ASTM C 128 (Práctica Estándar para la Gravedad Específica y Absorción del agregado Fino), ASTM C 566 (Contenido de Humedad Total del agregado por Secado).

Luego se procederá a realizar diseños de mezclas de morteros para repello utilizando cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal, estas mezclas se realizarán en base a los diseños que proporciona la norma ASTM C 270 .

Como siguiente paso se realizarán ensayos de campo haciendo repellos, para conocer el comportamiento de las mezclas que se hayan diseñado y se tomara nota del comportamiento de los morteros ya colocados, en la cual se observará si este presenta fisuras, se desprende de las paredes o si el repello deja filtrar el agua por las paredes.

Después de realizados los ensayos y los repellos se procederá a realizar una comparación técnica para evaluar cual de los morteros presenta las mejores características para su utilización. Luego se realizará una comparación económica de los morteros para conocer cual de ellos puede alcanzar menores costos para su utilización en comparación con el mortero predosificado.

Otro objetivo que se pretende alcanzar con la investigación es obtener un menor consumo de mortero como consecuencia de los menores espesores de colocación del mortero, mayor rendimiento a consecuencia de la mejor trabajabilidad del mortero, lo que se traduce en menor tiempo de ejecución de la obra, dichas características pueden disminuir los costos del mortero.

1.6 LIMITACIONES

- ✚ Se cuenta con poca bibliografía referente a antecedentes de los morteros predosificados.
- ✚ Debido a que en el país se cuenta con muchos bancos de arena se limitara a trabajar con el banco de arena del plantel Jiboa.

- ✚ Existen muchos cementantes predosificados en el mercado por lo cual se utilizara aquel que comercialmente sea el mas vendido.
- ✚ Ya que en nuestro medio no se cuentan con todos los equipos necesarios para la realización de todas las pruebas que las normas ASTM para morteros exigen, solamente se realizaran las siguientes pruebas: fraguado inicial y final del mortero por resistencia a penetración (ASTM C 403), fraguado inicial y final del mortero por agujas de Vicat (ASTM C 191), ensayo de resistencia a compresión y mesa de fluidez (ASTM C 109).
- ✚ Si el mortero que se diseñe cumple con las características exigidas en la Norma ASTM C 270 se procederá a hacer el análisis económico en caso contrario solamente se realizará el análisis técnico.
- ✚ El mortero tipo N cumple con requisitos de economía y trabajabilidad, por lo cual, se limitara a realizar los diseños de mezcla en base a este tipo de mortero según especificación ASTM C 270.
- ✚ Debido a que no se cuenta con equipo necesario para el monitoreo del repello en campo, solamente se realizaran inspecciones visuales del comportamiento de este cuando ya este colocado, tales como: presencia de fisuras en el repello, desprendimiento del repello y la permeabilidad que este posea.

1.7 JUSTIFICACIÓN

El mortero es uno de los materiales más ampliamente utilizados pero poco entendidos en la construcción. La unión del mortero de repello con las paredes es la característica más difícil de medir porque es afectado por muchas variables entre las cuales están: características de absorción de la unidad y la textura, el contenido del aire en el mortero y la retención de agua.

El mortero desempeña un papel crítico en la durabilidad y la resistencia a la penetración del agua en la mampostería, por lo cual, es importante: la selección adecuada del tipo de mortero, especificar la mezcla por requisitos de proporción o de las características, y asegurar que la prueba sean realizadas en base a lo que especifican las Normas ASTM.

Por muchos años se ha tenido el problema que los morteros para repellos se desprenden de las paredes, o presentan fisuras debido a la falta de control en la elaboración o el cuidado que se debe tener después de su colocación, por lo cual se han elaborado productos que vienen a sustituir el modo tradicional de colocación de los morteros, simplificando así el trabajo y el cuidado que se debe tener cuando este se coloca, pero la desventaja que se ha tenido con estos productos llamados cementantes predosificados es su alto costo, debido a esto su utilización se ha visto reducida, por lo cual, lo que se pretende lograr en esta investigación es comprobar si con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal se puede llegar a obtener una mezcla para mortero que cumpla con las características que se exigen en la Norma ASTM C 270, y que a la vez pueda disminuirse su costo de

producción en comparación con la del mortero predosificado que se analizara, para que este pueda ser utilizado con mas frecuencia en proyectos de vivienda de interés social.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 MORTERO.

Los morteros modernos para mampostería son una combinación de cemento Pórtland y arena, beneficiándose de las propiedades de cada uno. El cemento Pórtland fue el primer aditivo moderno que se agregó al mortero para mampostería. Actualmente, muchos aditivos son añadidos al mortero para mampostería, principalmente por razones de costo. Ninguno sin embargo, se ajusta a las buenas propiedades de la cal.

2.2 COMPONENTES DEL MORTERO.

2.2.1 CEMENTO PÓRTLAND BLANCO.

El cemento Pórtland blanco se obtiene a partir de la producción en horno de cemento de un clinker de color blanco; en la molienda del clinker se adiciona yeso. La adición controlada de yeso en la molienda tiene como objetivo regular el tiempo de fraguado al igual que en los cementos grises.

2.2.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

La mayor parte de especificaciones se limitan sólo a mencionar la composición química y las propiedades físicas que el cemento Pórtland tiene.

La comprensión del significado de algunas de estas propiedades es útil para interpretar mejor el comportamiento de los cementos.

Por lo cual a continuación se describe el significado de los elementos que componen al cemento Pórtland.

Silicato Tricálcico, C_3S : Se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana es mayor cuando se adicionan porcentajes mayores de C_3S .

Silicato Dicálcico, C_2S : Se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de la resistencia a edades mayores de una semana.

Aluminato Tricálcico, C_3Al : Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de las resistencias tempranas. Los cementos con bajos porcentajes de C_3Al son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

Alúminoferrito Tetracálcico, C_4AlFe : Reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez pero contribuye en muy poco a la resistencia. La mayoría de los efectos del color se debe al C_4AlFe y a sus hidratos.

En la tabla 2.1 se muestran los diferentes componentes químicos de los cementos Pórtland que se fabrican en la actualidad.

Tipo de cemento Pórtland	Composición Química, %						Pérdida por Ignición, %	Residuo Insoluble, %	Composición Potencial de los Compuestos, %				Finura Blaine m ² /kg
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	CaO	MgO	SO ₃			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ Al	C ₄ AFe	
Tipo I	20.9	5.2	2.3	64.4	2.8	2.9	1.0	0.2	55	19	10	7	370
Tipo II	21.7	4.7	3.6	63.6	2.9	2.4	0.8	0.4	51	24	6	11	370
Tipo III	21.3	5.1	2.3	64.9	3.0	3.1	0.8	0.2	56	19	10	7	540
Tipo IV	24.3	4.3	4.1	62.3	1.8	1.9	0.9	0.2	28	49	4	12	380
Tipo V	25.0	3.4	2.8	64.4	1.9	1.6	0.9	0.2	38	43	4	9	380
Blanco	24.5	5.9	0.6	65.0	1.1	1.8	0.9	0.2	33	46	14	2	490

Tabla 2.1 Composición Química, Compuestos Químicos Y Finura De Algunos cementos típicos.

Tomada de, Bogue, R.H. *The Chemistry of Pórtland Cement*, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1995.

La composición potencial de los compuestos, se refiere a la composición de compuestos máxima permisible por los cálculos de la norma ASTM C 150 utilizando la composición química del cemento.

La composición real de compuestos puede ser menor debido a reacciones químicas incompletas o alteradas.

2.2.1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND

BLANCO ASTM C 150 TIPO I.

PROCESO DE PRODUCCIÓN.

Preparación de las materias primas para obtener la harina cruda: Las materias primas minerales para la fabricación de cemento blanco son: piedra caliza y arcilla blanca de caolín. En la fabricación del cemento blanco, la

selección de las materias primas es mucho más crítica que en la fabricación del cemento gris. Deben ser minerales muy puros, que deben estar libres de hierro y otros elementos cromóforos, para asegurar la blancura del cemento.

Estos materiales se trituran y almacenan en naves o áreas reservadas para tal fin; se mezclan en dosificaciones preestablecidas de acuerdo a su análisis químico y se muelen hasta convertirlas en un producto polvoriento homogéneo. Esta mezcla se denomina normalmente como “harina cruda” y como consecuencia de las reacciones químicas que tienen lugar durante la cocción se forman nuevos minerales: silicatos de calcio y aluminatos de calcio, que una vez molidos conjuntamente con yeso, serán los responsables de los procesos de hidratación y endurecimiento del cemento cuando éste se mezcle con agua.

PROCESO DE CLINKERIZACION.

El cemento Pórtland blanco se obtiene mediante la combinación de clinker de color blanco con yeso. El clinker blanco se obtiene por calcinación, a una temperatura del orden de 1450-1500 °C en el horno de una mezcla finamente dividida de piedra caliza y arcillas blancas de tipo caolín.

Por lo que el color blanco del cemento se consigue a través de una selección de sus materias primas libres de hierro, manganeso y cromo; y de un permanente cuidado en todas las etapas de fabricación, especialmente la molienda, que preservan su blancura. Los cementos blancos deben tener un

índice de blancura superior al 75%. Los cementos blancos tienen las mismas resistencias e incluso mayores que los cementos grises.

En la figura 2.1 se muestran los hornos en donde se da el proceso de clinkerización.



Figura 2.1 Hornos Giratorios Para La Molienda Del Clinker.

Tomada de www.virgiamasonry_org-prod_potrland.com.

MOLIENDA DEL CLINKER.

El clinker es una piedra sintética con formas esféricas de tamaño variable, que por molienda se transforma en el producto final: cemento Pórtland

El resultado de la molienda del clinker con el yeso es el polvo de cemento; en este caso se trataría de un cemento sin adición. En los cementos con adiciones, se agrega durante la molienda caliza blanca, en proporciones controladas y normalizadas. Finalmente el cemento se almacena en silos listos para su expedición a granel o en bolsas.

2.2.1.3 PROPIEDADES DEL CEMENTO PÓRTLAND BLANCO ASTM C 150 tipo I.

En general, las pruebas de las propiedades físicas del cemento deben ser utilizadas exclusivamente para evaluar las propiedades del cemento más que para el concreto. Las normas ASTM C 150 y C 595 (Especificación estándar para mezclas de cementos hidráulicos) limitan las propiedades de acuerdo al tipo de cemento. El cemento debe ser muestreado de conformidad con la norma ASTM C 183 (especificación estándar para la toma de muestras y cantidad de pruebas al cemento hidráulico).

FINURA.

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días. La finura se mide por medio del ensayo del turbidímetro de Wagner (ASTM C 115), el ensayo de Blaine de permeabilidad al aire (ASTM C 204) o con la malla N° 325 (45 micras) (ASTM C 430). Aproximadamente del 85% al 95% de las partículas del cemento son menores de 45 micras.

SANIDAD.

La sanidad se refiere a la capacidad de una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La expansión destructiva

retardada o falta de sanidad es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia. Casi todas las especificaciones para el cemento Pórtland limitan los contenidos de magnesia (periclasa), así como la expansión registrada en la prueba de autoclave. Desde que en 1943 se adoptó la prueba de expansión en autoclave (ASTM C 151), prácticamente no han ocurrido casos de expansión anormal que puedan atribuirse a falta de sanidad.

CONSISTENCIA.

La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir. Durante el ensayo de cemento, se mezclan pastas de consistencia normal, misma que se define por una penetración de: 10 ± 1 mm de la aguja de Vicat, mientras se mezclan morteros para obtener ya sea una relación agua-cemento fija o para producir una cierta fluidez dentro de un rango dado. La fluidez se determina en una mesa de fluidez tal como se describe en la norma ASTM C 109.

Este método, sirve para regular los contenidos de agua de las pastas y morteros respectivamente, que serán empleados en pruebas subsecuentes.

TIEMPO DE FRAGUADO.

Para determinar si un cemento fragua de acuerdo con los tiempos especificados en la norma ASTM C 150, se efectúan pruebas usando el aparato de Vicat (ASTM C 191) o la aguja de Gillmore. El fraguado inicial de

la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto; el fraguado final tampoco debe ocurrir demasiado tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta esta desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento. También influyen sobre el tiempo de fraguado la finura del cemento, la relación agua-cemento, y los aditivos usados.

FRAGUADO FALSO.

El fraguado falso (Norma ASTM C 451 para el método de la pasta y norma ASTM C 359 para el método del mortero), se comprueba por una considerable pérdida de plasticidad sin que se desarrolle calor en gran abundancia poco tiempo después del mezclado. Desde el punto de vista de la colocación y del manejo, las tendencias del cemento Pórtland a provocar fraguado falso no causarán dificultades si el concreto se mezcla un mayor tiempo de lo normal o si es remezclado sin agregarle agua antes de ser transportado y colado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La resistencia a la compresión, tal como lo especifica la norma ASTM C 150, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm ensayados de acuerdo a la norma ASTM C 109 (Figura 2.2). Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar.

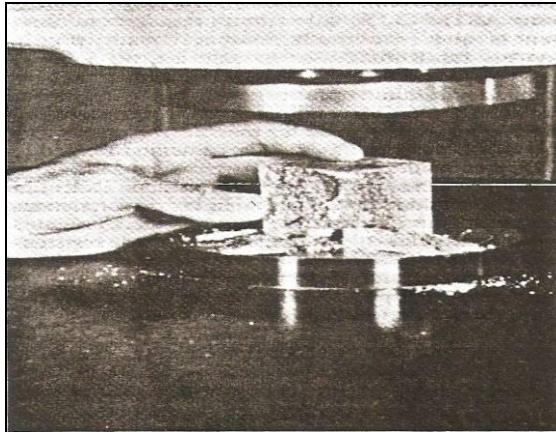


Figura 2.2 Ensayo De Resistencia A La Compresión.

Tomada de Steinerur, H.H., Concrete Mix Water, Research Department Bulletin RX119, Pórtland Cement Association, 1960, Página 23.

En la tabla 2.2 se presentan los requisitos de resistencia a compresión según las normas ASTM.

Tipo de cemento	Resistencia a la compresión mínima, Kg/cm ²				Denominación ASTM
	1 día	3 días	7 días	28 días	
Cementos Pórtland					C 150-03
I	-	127	197	281†	
IA	-	102	158	225†	
II	-	105	176	281†	
	-	70†	120†	225†	
IIA	-	84	141	225†	
	-	56†	95†	150†	
III	127	246	-	.	
IIIA	102	197	-	-	
IV	-	-	70	176	
V	-	84	155	211	

Tabla 2.2 Requisitos Mínimos De Compresión Para Cada Tipo De Cemento.

† Aplicable cuando se especifica el calor opcional de hidratación o el límite químico del total de C3S y C3A.

Tomada de Steinerur, H.H., Concrete Mix Water, Research Department Bulletin RX119, Pórtland Cement Association, 1960, Página 24.

Como se indica en la tabla 2.2, la resistencia a la compresión está influida por el tipo de cemento, para precisar, por la composición química y la finura del cemento. La norma ASTM C 150 sólo fija un requisito mínimo de resistencia que es cómodamente rebasado por la mayoría de los fabricantes. Por lo anterior, no se debe pensar que dos tipos de cemento Pórtland que cubran los mismos requisitos mínimos produzcan la misma resistencia en el mortero cuando no se hayan modificado las proporciones de las mezclas.

En general, las resistencias de los cementos (teniendo como base las pruebas de cubos de mortero) no se pueden usar para predecir las resistencias con exactitud debido a la gran cantidad de variables en las características de los agregados, mezclas y procedimientos constructivos. La uniformidad en la resistencia de un cemento que provenga de una misma fuente se puede determinar siguiendo los procedimientos marcados en la norma ASTM C 917 (método de ensayo para la evaluación de la uniformidad de la fuerza del cemento de una única fuente).

PÉRDIDA POR IGNICIÓN.

La pérdida por ignición del cemento Pórtland se determina calentando una muestra de cemento de peso conocido a 900 °C o 1000 °C, hasta que se obtenga un peso constante. Se determina entonces la pérdida en peso de la muestra. Normalmente una pérdida por ignición elevada indica prehidratación y carbonatación, que pueden ser causadas por un almacenamiento prolongado e inadecuado o por adulteraciones durante el

transporte y la descarga. El ensayo para la pérdida por ignición se lleva a cabo de acuerdo con la norma ASTM C 114.

2.2.2 AGREGADO FINO.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de las partículas menores que 5 mm

Algunos depósitos naturales de agregados, a veces llamados gravas de minas, consisten en gravas y arenas que pueden ser utilizadas luego de un tratamiento mínimo. Las arenas naturales, usualmente se excavan o se dragan de alguna mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros o grava de gran tamaño.

Normalmente los agregados se lavan y se gradúan en la mina o planta. Se puede esperar cierta variación en el tipo, calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad así como en otras propiedades.

Los agregados que se encuentran en estado natural, son una mezcla de rocas y minerales.

Un mineral es una sustancia sólida natural que tiene una estructura interna ordenada y una composición química que varía dentro de límites muy estrechos. Las rocas (que dependiendo de su origen se pueden clasificar como ígneas, sedimentarias y metamórficas), se componen generalmente de varios minerales. Por ejemplo, el granito contiene cuarzo, feldespato, mica y otros cuantos minerales; la mayor parte de las calizas consisten en calcita, dolomita y pequeñas cantidades de cuarzo, feldespato y arcilla. El

interperismo y la erosión de las rocas producen partículas de piedra, grava, arena, limo y arcilla.

Los agregados deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Los agregados de peso normal deben cubrir los requisitos de la norma ASTM C 33. Esta especificación limita las cantidades permisibles de sustancias deletéreas e informa de los requisitos para las características de los agregados. No obstante, el hecho de que los agregados satisfagan los requisitos de la norma ASTM C 33 no garantiza necesariamente un mortero libre de defectos.

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS.

Las características de importancia en los agregados, se enlistan en la tabla N° 2.3.

Propiedad	Importancia	Designación de la Prueba	Requisito o características reportadas
Granulometría	Trabajabilidad y economía	ASTM C 117 ASTM C 136	Porcentaje máximo y mínimo que pasan las mallas especificadas.
Peso volumétrico o densidad en masa	Calculo para diseño de mezclas, clasificación.	ASTM C 29	Peso compacto y suelo
Peso específico	Calculo para el diseño de mezclas.	ASTM C 127	----
Absorción y humedad superficial	Control de calidad	ASTM C 70 ASTM C 127	----

Tabla Nº 2.3 Propiedades Y Pruebas De Agregados Que Se Utilizan Para Elaborar Concreto.

Tomado Masonry Construction, Revista Aberdeen Group, 1994.

GRANULOMETRIA.

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por el análisis de los tamices (norma ASTM C 136). El tamaño del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tienen aberturas que varían desde la malla Nº 100 (150 micras) hasta 9.52 mm

La granulometría y los límites de granulometría, se expresan usualmente como porcentajes de material que pasa cada malla. La figura 2.3 muestra estos límites para agregados finos.

Existen varias razones por las que se especifican los límites de granulometría y el tamaño máximo de agregados. La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y de cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, porosidad, etc. Las variaciones de granulometría

pueden afectar seriamente a la uniformidad. La arena muy fina a menudo resulta antieconómica. En general, aquellos agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica suave producirán los resultados más satisfactorios, en la figura 2.3 se muestra los límites granulométricos de la arena para mortero.

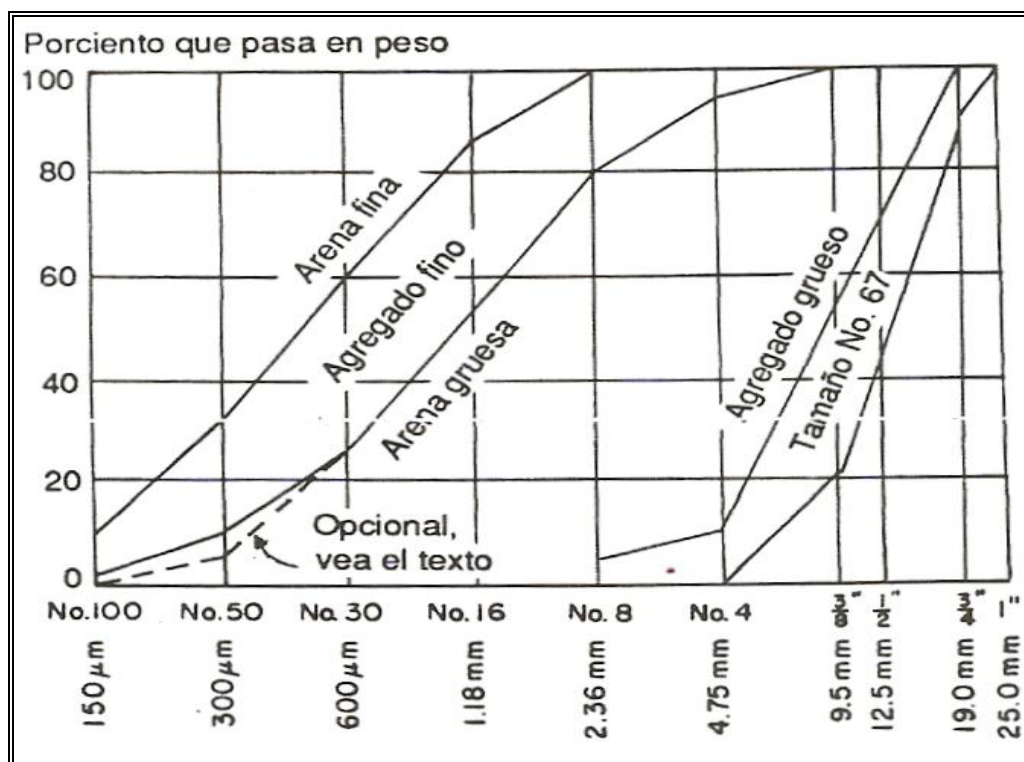


Figura 2.3 Límites Granulométricos Especificados Para La Arena.

Tomado del manual de tecnología del concreto (CFE), sección 1.

GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS.

Los requisitos de la norma ASTM C 33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría del agregado fino dentro de los límites de la norma ASTM C 33, generalmente

es satisfactoria para la mayoría de los casos. Los límites de la norma ASTM C 33 con respecto al tamaño de los tamices se indican a continuación en la tabla 2.4:

Tamaño de la malla	Porcentaje en pasa que peso
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
0.60 mm (N° 30)	25 a 60
0.30 mm (N° 50)	10 a 30
0.15 mm (N° 100)	2 a 10

Tabla 2.4 Límites Del Tamaño De Los Tamices.

Tomado del manual de tecnología del concreto, sección 1.

Requisitos que exige la norma ASTM son:

- ✚ Que el agregado fino no tenga más del 45 % retenido entre dos mallas consecutivas.
- ✚ Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente de abastecimiento del agregado. En el caso que se sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino.

El módulo de finura (FM) del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125 (términos estándar relacionados con el concreto y los agregados para concreto), sumando los porcentajes acumulados en peso de

los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15 mm (No. 100), 0.30 mm (No. 50), 0.60 mm (No. 30), 1.18 mm (No. 16), 2.36 mm (No. 8), 4.75 mm (No. 4), 9.52 mm (3/8"). El módulo de finura 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 agregado debe estar relativamente libre de partículas planas y elongadas. Las partículas planas y elongadas se deben evitar o al menos limitar a aproximadamente un 15 % del peso total del agregado. Este requisito es importante para agregado fino triturado, porque el agregado fino producido triturando piedra contiene a menudo partículas planas y elongadas. Tales partículas de agregado hacen necesario un incremento en el agua de mezclado, pudiendo afectar de esta forma la resistencia.

PESO VOLUMÉTRICO Y VACÍOS.

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente desde 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien

graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29 (Método de prueba estándar para la Densidad bulk ("peso unitario") y vacíos en agregados).

PESO ESPECÍFICO.

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado.

Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

Los métodos de prueba para determinar los pesos específicos de agregados finos se describen en la norma ASTM C 128. El peso específico de un agregado se puede determinar considerando que ha sido secado al horno totalmente o que se encuentra saturado y superficialmente seco (SSS). Ambos pesos específicos se pueden utilizar en los cálculos para el proporcionamiento de mezclas. Los agregados secados en el horno, no contienen ninguna cantidad de agua libre o absorbida. Se les seca en un horno hasta obtener peso constante. Los agregados saturados y superficialmente secos son agregados en los cuales los poros en el interior de cada partícula de agregado han quedado llenos con agua y no contienen

agua en exceso en la superficie de la partícula.

ABSORCIÓN Y HUMEDAD SUPERFICIAL.

La absorción y humedad superficial de los agregados se debe determinar de acuerdo con las normas ASTM C 70 (humedad superficial en agregado fino), C 127, C 128 y C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. La estructura interna de una partícula de agregado, está constituida de materia sólida y de vacíos que pueden o no contener agua.

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la Figura 2.4.

Se designan como:

- ✚ Secado al horno - completamente absorbentes
- ✚ Secados al aire - secos en la superficie de la partícula pero conteniendo cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes
- ✚ Saturados y superficialmente secos (SSS) - no absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto
- ✚ Húmedos - contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre).

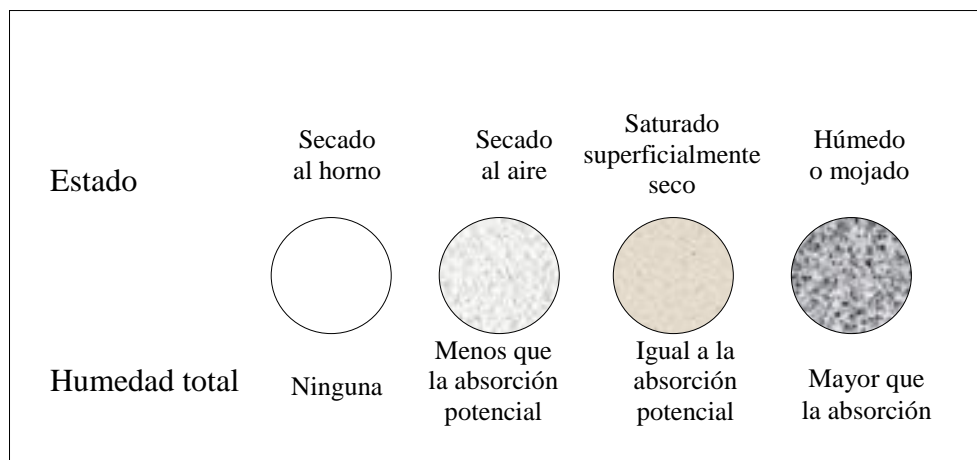


Figura 2.4 Condiciones de humedad de los agregados.
 Tomada Seminario De Graduación; Mortero: Cemento, Arena Y Cal
 (Año 1986 Pág. 36).

2.2.3 AGUA DE MEZCLADO.

En relación con su empleo en el mortero, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente.

Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el mortero, es usual que se recomiende emplear agua de una sola calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para mortero se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el mortero, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se

subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

REQUISITOS DE CALIDAD

Los requisitos de calidad del agua de mezclado no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como en el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del mortero.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.

Refiriéndose a las características físico-químicas del agua, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas, sólidos en suspensión, materia orgánica, etc. Sin embargo, en lo que si parece haber acuerdo es que no debe tolerarse la frecuencia de sustancias que son francamente dañinas, como gasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo. La presencia de alguna de estas sustancias, que por lo demás no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua.

Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se puede juzgar su aptitud como agua para mortero mediante los requisitos físico-químicos contenidos en la norma Oficial Mexicana NOM C-122 (norma

para determinación de la calidad del agua), recomendados especialmente para aguas que no son potables.

EFFECTOS QUE PUEDE PRODUCIR EL AGUA.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el mortero, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más), y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado.

La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxidos de carbono disueltos, principalmente. Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo, se acostumbra precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a 7 y 28 días. En estas pruebas se comparan especímenes elaborados con mezclas idénticas, en las que solo cambia la procedencia del agua de mezclado: agua destilada en la mezcla testigo y el agua en estudio en la mezcla de prueba.

Las pruebas de tiempo de fraguado pueden efectuarse en pasta de cemento, según la ASTM C 266 (tiempo de fraguado por medio de las agujas de Gillmore) ó C 191 para llevar a cabo las pruebas de resistencia a

compresión, se emplean normalmente especímenes de mortero, elaborados y ensayados de acuerdo con la norma ASTM C 109.

Se considera que el agua en estudio es aceptable para la fabricación de mortero, si en estas pruebas comparativas produce resultados que satisfagan los límites contenidos en la tabla N° 2.5.

CONCEPTOS	RESULTADOS DE MEZCLAS COMPARATIVAS		METODOS DE ENSAYO
	TESTIGO	PRUEBA	
Agua de mezcla	Destilada	En estudio	
Tiempo de fraguado (Vicat): Hr: min	TF	{TF – 1:00 min. {TF – 1:30 máx.	ASTM C 191
Resistencia a compresión (cubos de morteros):			ASTM C 109
A 7 días (Kg/cm ²)	R ₇	0.9 R ₇ min.	
A 28 días (Kg/cm ²)	R ₂₈	0.9 R ₂₈ máx.	

Tabla 2.5 Tolerancias Permisibles Para El Agua De Mezclado, En Pruebas Comparativas Con Aguas Destiladas.

Tomado del manual de tecnología del concreto, sección 1, página 176.

A continuación se presenta un resumen de los efectos que ciertas impurezas en el agua tienen sobre la calidad:

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.

Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio

puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que en los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En contracciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa las resistencias. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad de que se presenten reacciones álcali- agregado graves.

Agua de Mar.

El agua de mar que contenga hasta 35,000 ppm de sales disueltas, generalmente su uso es adecuado. Aproximadamente el 78% de la sal es cloruro y el 15% es cloruro y sulfato de magnesio. El agua de mar que se utiliza también tiende a causar eflorescencia y humedad en superficies expuestas al aire y al agua.

Agua Ácidas.

La aceptación de agua ácida como agua de mezclado se deberá basar en la concentración (en partes por millón) de ácidos de agua. Ocasionalmente la aceptación se basa en el Ph, que es una medida de la concentración del ión hidrógeno. El valor Ph es un índice de intensidad y no es la mejor medida de una reacción potencial ácida o base.

En general, el agua de mezclado que contiene ácidos clorhídricos, sulfúricos y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10000 ppm no tienen un efecto adverso en la resistencia. Las aguas ácidas con

valores pH menores de 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible.

2.2.4 CAL.

La palabra “cal” se refiere a los productos derivados de la piedra caliza (calcinada) quemada, tal como cal viva y cal hidratada. La piedra caliza es una roca sedimentaria natural abundante que contiene altos niveles de carbonato de calcio y/o de magnesio, y/o dolomita (carbonato del calcio y de magnesio), junto con cantidades pequeñas de otros minerales. Se extrae de minas subterráneas por todo el mundo. Los productos de la cal y de la piedra caliza están entre los materiales más viejos usados por los seres humanos para una gama de usos muy diversos.

PRODUCTOS DE LA PIEDRA CALIZA:

La piedra caliza es la roca sedimentaria más importante y más abundante, y es formada por la compactación de los restos de los animales y de las plantas coralinas en los fondos de los océanos alrededor del mundo. La piedra caliza se compone de la calcita mineral (carbonato de calcio) y/o de la dolomita mineral (carbonato del calcio y de magnesio) junto con cantidades pequeñas de otros minerales.

La piedra caliza tiene muchos usos entre los cuales se tienen:

- ✚ Tratamiento para el ajuste del Ph.

- ✚ Materia prima en la producción del cristal, pulpa y papel, cemento Pórtland y acero.

- ✚ Desulfurización del humo.

- ✚ Producción de bloques de piedra.

PRODUCTOS DE LA CAL VIVA:

La piedra caliza se convierte a la cal viva con la calcinación en hornos rotatorios o verticales económicos de energía. Estos hornos funcionan normalmente en temperaturas que exceden 2000 °F.

Este producto se utiliza para una variedad amplia de usos ambientales e industriales. Las aplicaciones importantes de la cal viva están como un agente y desulfurización del humo (FGD). La cal viva es también un componente dominante en la producción de la fibra de vidrio, del aluminio, del papel, uranio, oro, cobre y en muchas otras industrias críticas.

El polvo de horno de cal (mojado o seco) consiste en las cenizas volantes parcialmente calcinadas de la cal viva y del carbón. Los usos para este material mineral rico incluyen tratamientos ambientales, como materia prima para la producción del cemento, estabilización de suelo y como agente que neutraliza en usos agrícolas.

CICLO DE LA CAL:

El ciclo de la cal consiste primero en quemar piedra caliza para formar la cal viva. La cal hidratada puede entonces ser producida agregando el agua a la cal viva. En la figura 2.5, el bióxido de carbono en la atmósfera o de procesos industriales de la combustión reacciona con la cal hidratada para convertirla de nuevo a la piedra caliza.

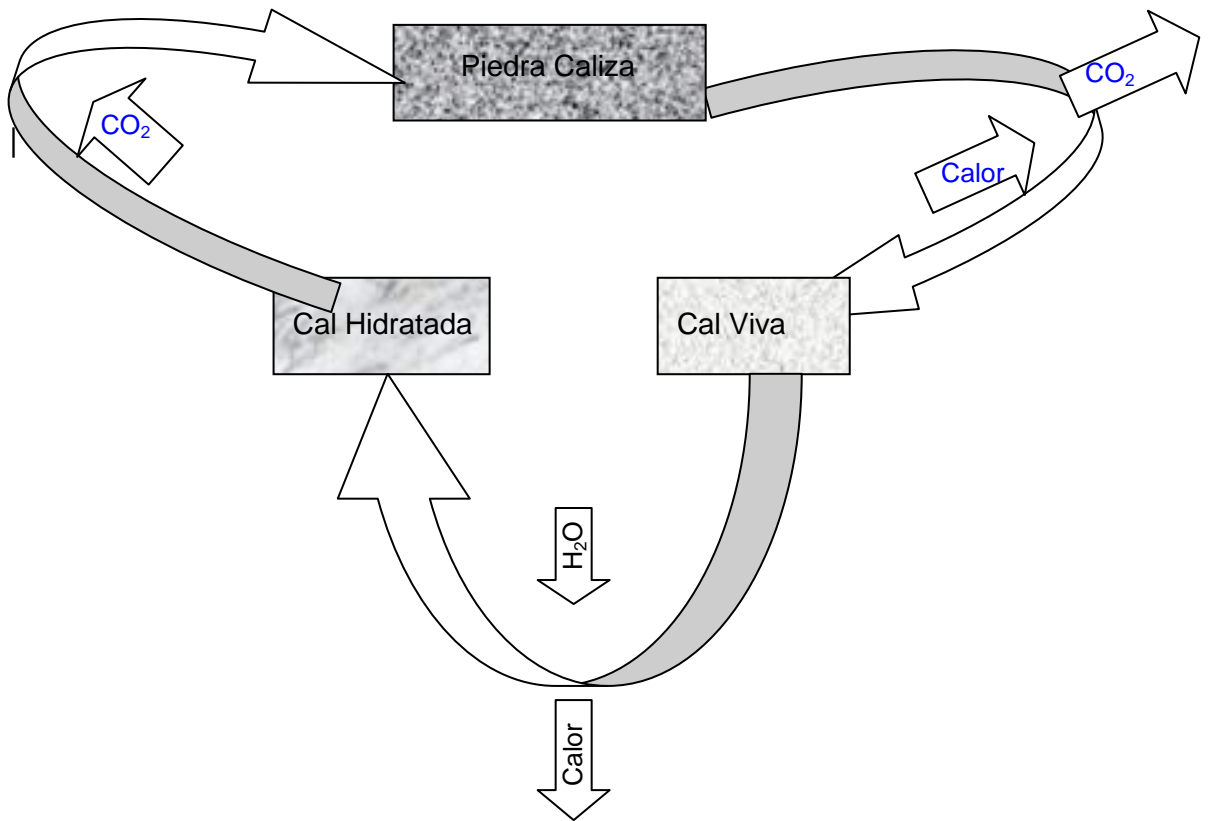


Figura 2.5 Ciclo De La Cal

Tomado mortero de cal, www.wikipedia.com/cal.

2.3 MORTERO.

2.3.1 TIPOS DE MORTEROS Y SUS USOS.

No existe un solo tipo de mortero que sea aplicable con éxito a todo trabajo. El variar las proporciones mejora algunas propiedades a expensas de otras. El ingeniero o arquitecto debe especificar el mortero que mejor se ajuste a los requisitos de la obra. Una regla práctica es usar el mortero con la resistencia más baja que se ajuste a los requisitos del trabajo. Hay un tipo óptimo para cada aplicación o uso.

La norma ASTM C 270, Especificaciones para morteros de mampostería cubre solamente cuatro tipos de mortero M, S, N y O. Estos tipos de mortero pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambas cosas. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia al ASTM C 270 y no se menciona un método específico.

Tipo M: es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros. Use este tipo para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, alas cargas laterales de tierra, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad superior, el tipo M debe usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas servidas y pozos.

Tipo S: alcanza la resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar. Use el tipo S para estructuras sujetas a cargas compresivas

normales, que a la vez requieren una resistencia de adherencia. También use el tipo S donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos de terracota o baldosas de barro cocido.

Tipo N: es un mortero de propósito general a ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.

Tipo O: es un mortero de baja resistencia y mucha cal. Úselo en paredes y divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos. Es el favorito de los albañiles porque tiene excelente trabajabilidad y bajo costo.

2.3.2 PROPIEDADES DEL MORTERO

Manejabilidad.

Probablemente la característica más importante del mortero es su manejabilidad, en virtud de la influencia que esta propiedad ejerce sobre otras cualidades del mismo, tanto en estado fluido como ya fraguado. La manejabilidad es difícil de definir porque es una combinación de cierto número de propiedades interrelacionadas. Se considera que de éstas, las que tienen mayor influencia en la manejabilidad son: consistencia, fluidez,

capacidad de retención de agua, tiempo de fraguado, peso, adherencia y penetrabilidad.

Un albañil experto juzga la manejabilidad del mortero por la manera como se adhiere a la cuchara o resbala sobre ella. Un mortero suficientemente manejable debe extenderse con facilidad sobre las piezas de las hiladas, adherirse a las superficies verticales, verterse fácilmente hacia las juntas, sin caerse o embarrarse, y permitir la colocación de piezas sin que ocurran modificaciones subsiguientes debido al peso de las mismas o al de varias hiladas. Su consistencia debe variar en función de los cambios climatológicos: un buen mortero tiene que ser más blando en verano que en invierno, a fin de compensar la pérdida de agua.

Capacidad de retención de agua.

El mortero que tiene estas propiedades se opone a la rápida pérdida de agua (no pierde plasticidad) que podría producirse a causa del aire, de un medio ambiente seco o de una pieza muy absorbente. La rápida pérdida de agua provoca el fraguado prematuro del mortero, lo que torna prácticamente imposible obtener una buena adherencia y juntas herméticas. La capacidad de retención de agua es una importante propiedad relacionada con la manejabilidad; el aire incluido, los agregados finos, los materiales cementantes y el agua aumentan la fluidez y manejabilidad del mortero, al igual que su capacidad de retención de agua.

Adherencia.

El término adherencia designa una propiedad específica que puede subdividirse en:

- ✓ Punto de adherencia, o grado de contacto del mortero con las piezas de los muros.
- ✓ Resistencia a la tensión debida a la adherencia. En cada categoría existe una adherencia química y otra mecánica.

Entre los muchos factores que afectan la adherencia, se incluyen:

- ✓ Componentes del mortero, por ejemplo, tipo y cantidad de materiales cementantes, agua retenida y contenido de aire.
- ✓ Características de las piezas de los muros, esto es, textura de la superficie, absorción y contenido de humedad.
- ✓ Condiciones de curado, por ejemplo, temperatura, humedad relativa y viento.

La adherencia es baja en superficies lisas y moldeadas, como el vidrio y las superficies de ladrillo de arcilla o azulejo. Por lo contrario, en bloques de concreto o en superficies texturizadas de ladrillos de arcilla, se logra una buena adherencia. Por otra parte, la capacidad de absorción de las piezas de concreto es tan baja que no es necesario humedecerlas antes de colocarlas sobre el mortero; asimismo, algunos ladrillos de arcilla poseen una capacidad de absorción tan elevada que, a menos que se humedezcan previamente, se obtendrá una baja adherencia.

Existe una notable relación entre la fluidez del mortero (contenido de agua) y

la resistencia a la tensión debida a la adherencia, ya que ésta aumenta conforme se incrementa el contenido de agua. La resistencia óptima se obtiene con el uso de un mortero que posea el más elevado contenido de agua compatible con la manejabilidad, aunque disminuya su resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión.

Los principales factores que afectan los esfuerzos de compresión de la estructura de los muros son: esfuerzo de compresión de la pieza utilizada, proporcionamiento de los componentes del mortero, diseño de la estructura, mano de obra y gado de curado. Aunque el esfuerzo de compresión de los muros puede incrementarse utilizando un mortero más resistente, el aumento no es proporcional al esfuerzo de compresión del mortero: las pruebas han demostrado que los esfuerzos a compresión en muros de bloques de concreto aumentan solamente cerca de un 10% cuando los esfuerzos en cubos de prueba de mortero aumentan en un 130%. En los muros compuestos aumentan un 25% cuando en los cubos aumentan un 160%.

El esfuerzo a compresión del mortero depende en gran parte del tipo y cantidad de material cementante utilizado al prepararlo: aumentará con un incremento del contenido de cemento y disminuirá con un aumento de la inclusión de aire, del contenido de cal, o del contenido de agua.

2.3.3 PROCESO DE ELABORACION DE LA MEZCLA.

El mortero es uno de los materiales que el contratista hace en obra. Por esto es el material más propenso a tener variaciones. Dichas variaciones afectan la productividad del albañil y la resistencia del mortero. A pesar de esto, la persona que mezcla el mortero generalmente tiene muy poco entrenamiento.

Proporciones de la mezcla

Una buena mezcla de mortero empieza con lo fundamental. Los documentos contractuales deben especificar qué tipo de mortero debe ser utilizado: sea tipo M, S, N u O, como se detalla en la norma ASTM C 270.

La tabla 2.6 tiene un listado de las cantidades de arena, cal y cemento Pórtland o de mampostería requeridas para producir un metro cúbico de mortero para cada tipo de mortero.

Es bueno colocar las proporciones de mezcla sobre el mezclador para que el operador sepa siempre cuánto debe añadir de cada ingrediente a la mezcla. Una persona debe estar bien entrenada para hacer el mortero, pero la información por escrito es esencial cuando dicha persona la olvida, está enferma o en vacaciones. Revise dos veces las proporciones adecuadas para la mezcla especificada.

Cantidades de materiales requeridos para hacer un metro cúbico de mortero				
Tipo de mortero	Arena (m ³)	Materiales cementantes		cal
		Cemento Pórtland	Cemento de mampostería	
M	1.0	-	0.333	-
	1.0	0.278	-	0.074
S	1.0	-	0.333	-
	1.0	0.222	-	0.111
N	1.0	-	0.333	-
	1.0	0.167	-	0.167
O	1.0	-	0.333	-
	1.0	0.111	-	0.222

Tabla 2.6 Cantidades De Materiales Requeridos Para Hacer Un Metro Cúbico De Mortero.

Tomada del libro Morteros, Masonry Construction, Revista Aberdeen Group, 1944.

Control del contenido de humedad.

La humedad afecta el peso y el volumen de materiales. Los materiales cementantes deben ser protegidos de la humedad, excepto la arena. Cuando la arena recibe lluvia y humedad aumenta en peso y volumen. La norma ASTM C 270 permite que el volumen de arena varíe entre 2.25 y 3 veces el volumen de materiales cementantes. Por esto usualmente es necesario controlar el contenido de humedad de la arena o ajustar el volumen de arena debido a la humedad. A pesar de esto es más fácil producir un mortero uniforme en todas las batidas cuando la humedad de la arena es uniforme.

Mezclado de los ingredientes.

La forma de mezclar los materiales puede variar, pero el siguiente orden ha sido beneficioso: Coloque $\frac{3}{4}$ del agua, luego la mitad de la arena y todos los

materiales cementantes en el mezclador y mézclelos por unos pocos minutos. Luego añada el resto de la arena y el agua suficiente para producir la consistencia deseada. La cantidad de agua requerida generalmente no está incluida en especificaciones del proyecto; sino que la determinan los albañiles y el operador de la mezcladora.

Después que todos los materiales se han añadido, mezcle de nuevo por lo menos 3 minutos pero no más de 5 minutos. Tiempos de mezclado menores pueden resultar en falta de uniformidad, pobre trabajabilidad, baja retención de agua y contenido de aire menor al óptimo. Los tiempos mayores de mezclado pueden afectar adversamente el contenido de aire de los morteros con cemento o cal que incluyen aire a la mezcla. El tambor del mezclador debe vaciarse completamente antes de cargarlo nuevamente con mezcla.

2.3.4 ENSAYOS AL MORTERO FRESCO.

Ensayo de retención de agua (ASTM C 270):

Este ensayo se realiza para conocer si el mortero que se va a utilizar se opone a la rápida pérdida de agua, es decir si mantiene su plasticidad.

Es muy importante realizar este ensayo debido a que si el mortero presenta una pobre retención de agua este podría presentar un fraguado temprano, lo cual tornaría imposible obtener una buena adherencia con las paredes y su manejabilidad sería muy difícil.

Ensayo de la mesa de fluidez (ASTM C 109):

El procedimiento de la mesa de flujo para medir la consistencia del mortero está destinado únicamente para su uso en laboratorio. El procedimiento de ensayo es descrito en el ASTM C 109, "Método de Ensayo para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico".

Para realizar el ensayo el técnico de laboratorio coloca un molde estándar de bronce o brasa en el centro de la mesa de flujo.

Luego llénelo con mortero en dos capas, compactándolo con una varilla 20 veces por capa. Enseguida corte el mortero en la parte superior del molde. Un minuto después remueva el molde y proporcione 25 golpes o caídas de 13 mm en 15 segundos. Luego el técnico debe medir el diámetro promedio de la tortilla aplastada de mortero.

El flujo es el incremento promedio del diámetro de la base expresado como porcentaje del diámetro original de la base (el diámetro del molde es 10 cm por especificación).

Si el mortero es especificado en la norma ASTM C 270. "Especificación Estándar para Mortero de Piezas de Mampostería"; entonces debe cumplir ciertos requisitos de resistencia a la compresión, retención de agua y contenido de aire.

Ensayo del cono de penetración (ASTM C 270):

La consistencia del mortero en la obra puede ser medida con el procedimiento del cono de penetración. Este ensayo también puede ser

usado para determinar la vida del mortero y en control de calidad para revisar la uniformidad de la consistencia entre distintas batidas.

El procedimiento del cono de penetración está descrito en el ASTM C 780, Método Estándar para Evaluación de Morteros antes y durante la construcción de mampostería simple o reforzada.

2.3.5 ENSAYOS AL MORTERO ENDURECIDO.

Resistencia a la compresión (ASTM C 109):

Este método de prueba provee un medio para determinar la resistencia a compresión del cemento hidráulico y otros morteros, y los resultados pueden ser utilizados para determinar el apego con las especificaciones.

El método consiste en probar a compresión cubos de mortero de 2 pul. (50 mm), los cuales son apisonados en 2 capas. Los cubos son curados un día en los moldes y luego desmoldados e inmersos en agua con cal hasta ser ensayados.

2.4 CEMENTANTES PREDOSIFICADOS.

2.4.1 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL CEMENTANTE.

Es un repello decorativo compuesto de cemento, arenas finas, fibras reforzadas y químicos formulados especialmente para producir acabados fuertes y resistentes a la intemperie y al agrietamiento. Puede ser aplicado en superficies interiores o exteriores. Es un repello premezclado que se prepara al añadir agua.

Los soportes más habituales sobre los que se puede aplicar son:

- ✚ Bloques de concreto
- ✚ Ladrillo de barro
- ✚ Superficies sin poros: durock, tabla roca, concretos, etc.
- ✚ Morteros a base de cemento Pórtland.

2.4.2 VENTAJAS DEL CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

- ✚ Producto para repellos y afinados.
- ✚ Resistente a la intemperie y al agrietamiento.
- ✚ Más rápido de aplicar.

2.4.3 PREPARACIÓN DE LA BASE DE SOPORTE PARA EL CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

Superficies nuevas, para ser repelladas deben estar adecuadamente curadas antes de la aplicación. La base debe ser estructuralmente estable, limpia, sin polvo, suciedad, gasas, pinturas u otros contaminantes que podrían impedir la adhesión del repello a la superficie.

Imperfecciones en la superficie tales como agujeros o grietas deben ser reparadas antes de la aplicación.

La base debe estar a plomo y a nivel para prevenir capas con diferentes grosores.

2.4.4 FORMA DE MEZCLADO.

Usando un recipiente limpio, mezcle aproximadamente de 2 a 2.5 l de agua limpia por cada 10kg (22 lb).

Asegúrese de que la mezcla sea homogénea y libre de grumos. Aplique a más tardar una hora después de haber sido mezclado con agua.

2.4.5 FORMA DE REPELLAR CON CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

Proceso de instalación.

Hacer la mezcla en un depósito limpio (figura 2.6), mezcle una bola de material con 9-10 l de agua. Asegúrese que la mezcla quede homogénea, y libre de grumos.



Figura 2.6 Deposito Para Mezclar

Tomada de la página www.reflex.com.

Humedecer la superficie (figura 2.7) uniformemente para que se sature de agua y así evitar que absorba el agua de repello. Deje escurrir el exceso de agua antes de aplicarlo. Evite el uso excesivo de agua en la mezcla y en la instalación.



Figura 2.7 Pared Humedecida.

Tomada de la página www.reflex.com.

Aplique una capa de 3-5 mm de espesor sobre la superficie, ocupe una llana metálica aplicando suficiente presión (figura 2.8).



Figura 2.8 Primera Capa De Agarre.

Tomada de la página www.reflex.com.

Después que la superficie haya sido cubierta completamente, vuelva y nivele la capa (figura 2.9). Deje que el material se endurezca lo suficiente y trabaje la capa a una textura uniforme y nivelada usando esponja, llana u otras herramientas, deje secar la base por lo menos 12 horas.



Figura 2.9 Nivelación De Las Paredes.

Tomada de la página www.reflex.com.

Una vez la base esta seca, humedezca la superficie y aplique una capa para el acabado final de 2-3 mm siguiendo las mismas instrucciones antes expuestas.

Evite que el grosor de las dos capas combinadas sea de 15 mm (figura 2.10)



Figura 2.10 Acabado Final.

Tomada de la página www.reflex.com.

Curado de paredes. Se debe mantener húmedo por 72 horas después de la aplicación de la segunda capa. Espere 4 horas después de aplicar la

segunda capa para empezar a humedecerlo. Cúrelo mojando la superficie ligeramente dos veces al día, mañana y tarde (figura 2.11).



Figura 2.11 Curado de Paredes.

Tomada de la página www.reflex.com.

Datos técnicos

Almacenamiento

Almacene en un lugar seco.

Presentación

Bolsa de papel o plástico de 40 Kg. (88lbs).

Rendimiento

Capa de base de 6 m²/bolsa

Capa de acabado 7 m²/bolsa.

Tipo

Mortero a base de cal, cemento blanco, arena, aditivos y fibras.

Densidad (a 20 °C)

Aprox. 1,7 Kg. /l de mezcla fresca.

Temperatura de aplicación Entre 5 °C y 30 °C.

Adherencia 0,9 N/mm².

Resistencia a flexión 3 N/mm².

Resistencia a compresión según norma ASTM C 270.

Contenido de aire según norma ASTM C 270.

Retención de agua según norma ASTM C 270.

2.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL REPELLO.

✓ ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS REPELLOS

En las figuras 2.12 a la 2.15 se muestran las herramientas necesarias para la elaboración de los repellos.

- ✚ **Plomada:** para dar verticalidad al repello
- ✚ **Cordeles:** hilos para colocar el espesor de repello que se requiere o que se necesite.



Figura 2.12 Plomada y Cordel

- ✚ **Manguera o roceador:** para humedecer la superficie de las paredes.



Figura 2.13 Limpieza Previa De La Superficie.

- ✚ **Codal:** se utiliza para uniformizar la superficie de las paredes para desechar el exceso de mezcla.



Figura 2.14 Desecho Del Exceso De Mortero.

✚ **Pala o equipo de mezclado mecánico.**



Figura 2.15 Mezclado De Materiales.

ESTRUCTURA BASICA DE LOS REPELLOS.

La PCA especifica que los repellos deben de realizarse en dos capas, cada una con diferente espesor y bajo la siguiente dosificación:

Dosificación de primera capa

- ✓ 1 parte de cemento de mampostería.
- ✓ Arena no menos de 2.5 y no más de 4 partes del volumen del material cementante.

- ✓ Agua hasta obtener una mezcla trabajable.

La primera capa (figura 2.16) tendrá un espesor de 3/8" (0.9 cm)

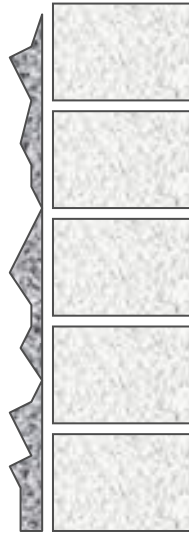


Figura 2.16 Primera Capa Del Repello

Tomada del curso "sistema constructivo con bloque"

Dosificación de segunda capa

- ✓ 1 parte de cemento de mampostería.
- ✓ Arena no menos de 3 y no más de 5 partes del volumen del material cementante.
- ✓ Agua hasta obtener una mezcla trabajable.

La segunda capa (figura 2.17) tendrá un espesor de 1/4" (0.60 cm).

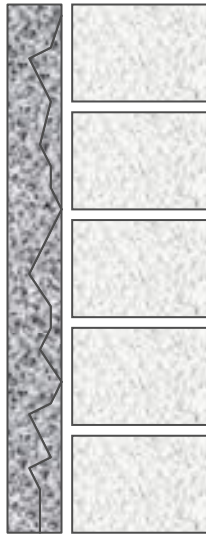


Figura 2.17 Segunda Capa Del Repello

Tomada del curso "sistema constructivo con bloque"

Elaboración de la mezcla.

La PCA establece que una buena mezcla para mortero de repello, será reconocida por su trabajabilidad y su capacidad de adherirse a la pared.

Todos los ingredientes se mezclarán, de preferencia con un equipo de mezclado, con la cantidad de agua necesaria para producir un repello con una consistencia trabajable.

El tiempo de mezclado debe ser como mínimo de 2 minutos después de que todos los materiales están en la mezcladora.

La cantidad de mezcla que se elabore, estará de acuerdo a la que se utilizara inmediatamente o en un lapso no mayor a 2.5 horas.

El remezclado y la adición de agua para restaurar la plasticidad son permitidos en el lapso de tiempo estipulado.

Preparación de la superficie.

La mampostería de concreto provee una excelente superficie para el repello debido a su textura.

La superficie deberá estar libre de aceite, suciedad u otros materiales que reduzcan la adherencia (figura 2.18).



Figura 2.18. Limpieza De Superficie Antes De La Aplicación Del Repello.

Antes de aplicar el repello la superficie deberá mojarse pero no saturarse, con agua limpia.

Para saber si la superficie de la mampostería de concreto esta lista para recibir el repello, la rociamos con agua limpia utilizando un aspersor para ver que tan rápido la absorbe (figura 2.19).

Si el agua se absorbe rápidamente, se tiene una buena succión; pero si el agua se repele y gotea, la succión es inadecuada.



Figura 2.19 Preparación De La Superficie Para Realizar El Repello

Aplicación del Repello.

- ✚ Primero se utiliza plomada para dar verticalidad al repello y se colocan cordeles para marcar el espesor final que se necesite de repello (figura 2.20).



Figura 2.20 Colocación De Cordeles.

- ✚ Antes de colocar la primera capa del repello se procederá a humedecer la pared para obtener una mejor adherencia y para evitar que la pared absorba el agua de la mezcla (figura 2.21).



Figura 2.21 Humedecer Paredes Antes De Colocar El Repello

- Posterior a que se humedece la superficie de la pared se coloca la primera capa de repello o como se le conoce comúnmente la capa de azotado (figura 2.22), que como su nombre lo dice consiste en lanzar la mezcla sobre la pared, esta capa tendrá un espesor de 0.9 cm aproximadamente.



Figura 2.22 Colocación De La Primera Capa De Repello

- Durante la colocación de la primera capa de repello se realizan fajas verticales (figura 2.23) las cuales consisten en lanzar la mezcla sobre

la pared, a manera de formar un listón vertical que tenga un espesor deseado.

Se utiliza la regla pacha para uniformizar la mezcla azotada. La distancia entre faja y faja puede ser de 2 a 2.5 m.



Figura 2.23 Hechura De Fajas.

- Luego de realizadas las fajas se procede a rellenarlas con mortero hasta lograr el espesor requerido (figura 2.24), con el codal que se apoya entre las fajas se eliminan los excesos de mezcla, el codal se desliza hasta dejar toda la superficie a nivel de las guías.



Figura 2.24 Colocación De La Segunda Capa De Repello.

- Después de colocadas las dos capas de mortero se uniformiza la superficie con una llana metálica o de madera (figura 2.25) para lograr una textura superficial adecuada. Este procedimiento se realizará solo después de que el brillo superficial ha desaparecido y antes que el mortero endurezca.

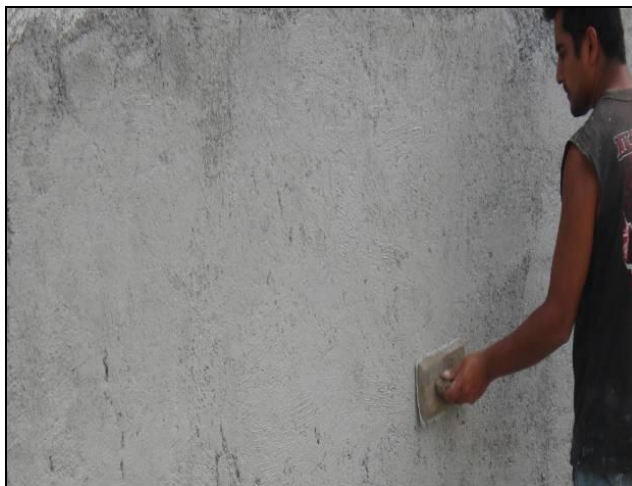


Figura 2.25 Uniformizado De Superficie.

✚ Como ultimo paso se realizara un curado adecuado rociando agua a la pared con el repello terminado (figura 2.26), hasta que la superficie se encuentre humedecida para obtener resultados adecuados de los materiales cementantes. Se debe mantener húmedo por 72 horas después de la aplicación de la segunda capa. Espere 4 horas después de aplicar la segunda capa para empezar a humedecerlo. Cúrelo mojando la superficie ligeramente dos veces al día, mañana y tarde.



Figura 2.26 curado del repello.

CAPITULO III

ENSAYOS A REALIZAR AL CEMENTANTE PREDOSIFICADO

3.1 INTRODUCCIÓN.

En la actualidad en nuestro país se están comercializando productos que se utilizan como morteros para repellos llamados cementantes predosificados, estos productos están siendo utilizados cada vez más en nuestro medio.

Estos productos ofrecen características muy buenas para su utilización, por lo cual en este capítulo se realizarán algunas de las pruebas que las normas ASTM exige para la aceptación de un mortero. También se realizarán ensayos para conocer la composición química del cementante predosificado.

Los ensayos que se realizarán al cementante predosificado son:

- ✓ Mesa de fluidez (ASTM C 109)
- ✓ Resistencia a la compresión (ASTM C 109)
- ✓ Tiempo de fraguado inicial y final del mortero por resistencia a la penetración (ASTM C 403).
- ✓ Tiempo de fraguado inicial por las agujas de Vicat (ASTM C 191)
- ✓ Ensayo de PH
- ✓ Difracción de rayos x.

Por medio de la realización de estos ensayos se corroborará que las características que el fabricante ofrece sean correctas y que a la vez cumplen con los requisitos que las normas ASTM exigen.

Cada ensayo será realizado de conformidad con la norma que le corresponda y las conclusiones se harán en base a las normas también.

3.2 ENSAYOS AL CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

3.2.1 TRABAJABILIDAD CON LA MESA DE FLUIDEZ ASTM C 109

Este método de ensayo está orientado a ser usado para determinar la fluidez de los morteros de cemento hidráulico y de morteros que contienen otros materiales cementantes diferentes al cemento hidráulico.

Dado que la fluidez usualmente no se incluye en las especificaciones de cemento hidráulico, es comúnmente usada en ensayos estándar que requieren que el mortero tenga un contenido de agua que provea de un nivel de flujo específico.

🔧 MATERIAL Y EQUIPO.

Mezclador, olla y paleta: un mezclador operado eléctricamente equipado con una paleta y olla mezclador (figura 3.1).



Figura 3.1 Mezclador, Olla Y Paleta.

Mesa de fluidez: consistirá de un marco rígido de hierro y una mesa superior circular y rígida de 255 ± 2.5 mm de diámetro con un eje perpendicular sujetado a la parte superior de la mesa por medio de un tornillo de rosca. La parte superior de la mesa será montada en un marco de tal manera que pueda ser levantada y se pueda dejar caer verticalmente a través de una altura especificada de 50.0 ± 0.5 mm (figura 3.2).

Molde de fluidez: un molde cónico de bronce o de cobre colado para depositar el espécimen de fluidez. La altura del molde será de 50.0 ± 0.5 mm. El diámetro de la abertura superior será de 70.0 ± 0.5 mm para moldes nuevos y de 70.0 ± 1.3 mm para moldes en uso. El diámetro de la abertura del fondo será de 100 ± 0.5 mm. El molde tendrá un espesor de pared mínimo de 5 mm (figura 3.2).



Figura 3.2 Molde Y Mesa De Fluidez.

Calibrador estándar: compuesto de una quijada fija y una movable a lo largo de una escala permanente, con el cual se podrá medir el diámetro de un mortero después de que este se haya extendido por la operación de la mesa

de fluidez. La escala tendrá 40 divisiones con 4.0 mm entre cada una de ellas y líneas de divisiones principales cada 5 divisiones (figura 3.3).



Figura 3.3 Calibrador Estándar.

Pisón.

Mortero de cemento hidráulico.

Balanza de 0.1 g.

Misceláneos: recipientes graduados, guantes de hule, cucharón, franela, cronometro.

PROCEDIMIENTO

Preparación del mortero:

Se coloca la paleta en el tazón seco en la posición de mezclado en la mezcladora y se vierte toda el agua de mezclado en el tazón, luego se añade el cemento al agua y se pone en marcha la mezcladora a una velocidad lenta (140 ± 5 r/min) durante 30 s (figura 3.4).



Figura 3.4 Colocación Del Agua y El Cemento En El Tazón De Mezclado.

Se añade la cantidad completa de arena lentamente durante un periodo de 30 s mientras se está mezclando a una velocidad lenta (figura 3.5).



Figura 3.5 Adición De Arena A La Pasta De Cemento.

Detenga la mezcladora, cámbiese a velocidad media (285 ± 10 r/min.) y mezcle durante 30 s, detenga la mezcladora y deje reposar el mortero por $1 \frac{1}{2}$ min. y durante los primeros 15 s de este intervalo usando una espátula, desprenda hacia abajo rápidamente toda la pasta que se haya adherido a las paredes del tazón y por el resto del intervalo, cubra el tazón con la tapadera. Luego transcurrido este tiempo se pone en marcha la mezcladora a velocidad media y se finaliza el mezclado del mortero en el lapso de un minuto.

Limpie cuidadosamente la parte superior de la mesa de fluidez y séquela, y coloque el molde de fluidez en el centro. Coloque una capa de mortero de aproximadamente 1 pul. (25 mm) de espesor en el molde y apisonese 20 veces con el apisonador (figura 3.6).



Figura 3.6 Apisonado Del Mortero En El Molde De Fluidez.

La presión del apisonador será la justa que asegure el llenado uniforme del molde. Luego llene el molde con mortero y apisonese como se especifico con la primera capa. Corte el mortero a una superficie plana, enrasede con el tope del molde con un movimiento cortante a lo largo de la parte superior del molde. Se deja la parte superior de la mesa limpia y seca, teniendo especial cuidado de remover el agua del borde del molde de fluidez. Levante el molde del mortero un minuto después de haber completado la operación de mezclado. Inmediatamente se deja caer la mesa 25 veces en 15 s. Usando un medidor se determina la fluidez midiendo los diámetros del mortero a lo largo de las líneas inscritas en la parte superior de la mesa (figura 3.7). El total de las cuatro lecturas del medidor es igual al porcentaje de incremento

del diámetro original del mortero. Este proceso se repite varias veces hasta lograr obtener el flujo que se exige en la norma ASTM C 109 que es de $110\% \pm 5\%$.



Figura 3.7 Medición de la fluidez.

CALCULOS

Si se usa el calibrador estándar mencionado en este ensayo, calcule la fluidez de la siguiente manera:

$$F=L_1+ L_2+ L_3+ L_4$$

Donde:

F= Fluidez (%).

L₁, L₂, L₃, L₄= lecturas de diámetros, tomadas en líneas trazadas en la parte superior de la mesa de fluidez.

Si se usa algún otro calibrador, calcule la fluidez de la siguiente manera:

$$F=\frac{A}{d}*100$$

Donde:

F= Fluidez (%).

A= promedio de las cuatro lecturas menos el diámetro interno de la base (mm).

d= diámetro interno de la base.

📊 RESULTADOS.

Los primeros ensayos que se realizaron fueron al cementante predosificado para lo cual según las especificaciones del fabricante por cada 10 kg de material cementante se agregaran de 2 a 2.5 l agua, es decir una relación de a/cementante predosificado igual a 0.2 y 0.25. La cantidad necesaria de material para llenar el molde fluidez es de 432 g para lo cual se encontraron las cantidades de agua para 2 y 2.5 l de agua que especifica el fabricante.

✓ **Fluidez para una relación de a/cementante predosificado = 0.20.**

$$\text{Cantidad de agua} = \frac{432 * 2}{10}$$

Cantidad de agua= **86.4 ml.**

Agua= 86.4 ml			
T° Agua= 21 °C			
T° ambiente= 28°C			
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)	d= Diámetro del cono (mm)	(Dm-d), mm
Lectura 1	180	100	80
Lectura 2	180	100	80
Lectura 3	182	100	82
Lectura 4	181	100	81
Sumatoria			323
% Fluidez =			80.75

Tabla 3.1 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.20.

✓ **Fluidez para una relación de a/cementante predosificado = 0.25.**

$$\text{Cantidad de agua} = \frac{432 * 2.5}{10}$$

Cantidad de agua= **108 ml.**

Agua= 108 ml			
T° Agua= 21 °C			
T° ambiente= 28°C			
LECTURAS	<i>Dm= Diámetro del mortero</i> (mm)	<i>d= Diámetro del cono</i> (mm)	(Dm-d), mm
Lectura 1	200	100	100
Lectura 2	200	100	100
Lectura 3	202	100	102
Lectura 4	201	100	101
Sumatoria			403
% Fluidez =			100.75

Tabla 3.2 Fluidez Para Una Relación A/Cementante Predosificado = 0.25.

Como hemos podido constatar en las tablas 3.1 y 3.2, con las instrucciones que el fabricante ofrece no se cumple con la fluidez exigida en la norma ASTM C 109 que es una fluidez de 110±5 mm, por lo cual se realizaron mas pruebas de fluidez para poder encontrar la cantidad necesaria de agua para llegar a la fluidez que se exige.

Prueba N° 1

Agua= 115 ml			
T° Agua= 23 °C			
T° ambiente= 28°C			
LECTURAS	<i>Dm= Diámetro del mortero</i> (mm)	<i>d= Diámetro del cono</i> (mm)	<i>(Dm-d), mm</i>
Lectura 1	202	100	102
Lectura 2	202	100	102
Lectura 3	204	100	104
Lectura 4	203	100	103
Sumatoria			411
% Fluidez =			102.75

Tabla 3.3 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.267.

Prueba N° 2

Agua= 125 ml			
T° Agua= 22 °C			
T° ambiente= 25 °C			
LECTURAS	<i>Dm= Diámetro del mortero</i> (mm)	<i>d= Diámetro del cono</i> (mm)	<i>(Dm-d), mm</i>
Lectura 1	202	100	102
Lectura 2	204	100	104
Lectura 3	207	100	107
Lectura 4	210	100	110
Sumatoria			423
% Fluidez =			105.75

Tabla 3.4 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29.

Prueba N° 3

Agua= 125 ml			
T° Agua= 23 °C			
T° ambiente= 24°C			
LECTURAS	<i>Dm= Diámetro del mortero</i>	<i>d= Diámetro del cono</i>	<i>(Dm-d), mm</i>
	(mm)	(mm)	
Lectura 1	211	100	111
Lectura 2	210	100	110
Lectura 3	209	100	109
Lectura 4	211	100	111
Sumatoria			441
% Fluidez =			110.25

Tabla 3.5 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29.

Prueba N° 4

Agua= 125 ml			
T° Agua= 23 °C			
T° ambiente= 24°C			
LECTURAS	<i>Dm= Diámetro del mortero</i>	<i>d= Diámetro del cono</i>	<i>(Dm-d), mm</i>
	(mm)	(mm)	
Lectura 1	211	100	111
Lectura 2	212	100	112
Lectura 3	216	100	116
Lectura 4	216	100	116
Sumatoria			455
% Fluidez =			113.75

Tabla 3.6 Fluidez Para Una Relación De A/Cementante Predosificado = 0.29.

En las tablas 3.3 a la 3.6 se encontró la cantidad de agua necesaria para alcanzar una fluidez de $110 \pm 5\%$ para el cementante predosificado es de 125 ml de agua por lo cual las recomendaciones que el fabricante ofrece están por debajo de la cantidad real de agua que se encontró.

3.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO ASTM C 109.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2) a una edad de 28 días.

Este método de ensayo provee un medio para determinar la resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico y otros morteros, y los resultados pueden ser usados para determinar el apego con las especificaciones. Además es referenciado por numerosas especificaciones y métodos de ensayo.

MATERIA Y EQUIPO

Mortero de cemento hidráulico.

Balanza de 0.1 g de precisión (figura 3.8).



Figura 3.8 Balanza De 0.1 G De Precisión.

Probetas graduadas: de capacidades adecuadas (preferiblemente de suficiente capacidad para medir el agua de mezcla en una simple operación) para dar el volumen indicado a 20 °C.

Moldes para especímenes: para cubos de 2 pulgadas (50 mm) deberán de estar apretados. Los moldes no deberán tener más de 3 compartimientos para cubos y podrán ser separados en no más de dos partes. Los moldes deberán de ser hechos de metal duro que no sea atacado por el mortero de cemento (figura 3.9).



Figura 3.9 Moldes Para Especímenes.

Mezclador, olla y paleta: una mezcladora eléctrica operada mecánicamente, equipada con un tazón de mezclado y la paleta (figura 3.10).



Figura 3.10 Mezcladora, Olla Y Paleta.

Maquina de ensayo: la carga aplicada al espécimen de ensayo será indicada con una precisión de $\pm 1.0\%$ (figura 3.11).



Figura 3.11 Maquina De Compresión.

Cuarto húmedo: la atmósfera en el cuarto húmedo tendrá una temperatura de 23 ± 2 °C y su humedad relativa no será menor que el 95%.

Pisón.

Misceláneos: recipientes graduados, guantes de hule, parafina, cucharón, franela, cronometro, aceite o lubricante aerosol.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento para la realización de esta prueba es el siguiente: inmediatamente después de completar la prueba de fluidez, retorne el mortero de la mesa de fluidez a la olla mezcladora, rápidamente colecte el mortero que se ha pegado a los lados de la olla y remezcle todo el mortero por 15 s a velocidad media.

Se comienza con el moldeado de los especímenes dentro de un lapso de tiempo total de no más de 2 min y 30 s después de completado el mezclado

original del mortero, colocando una capa de mortero de aproximadamente 1 pul (25 mm) en todos los compartimientos de los cubos.

Se apisona el mortero en cada compartimiento del cubo 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 pasadas, cada pasada debe estar en ángulo recto con la otra y consistirá de 8 golpes contiguos sobre la superficie del espécimen (figura 3.12)

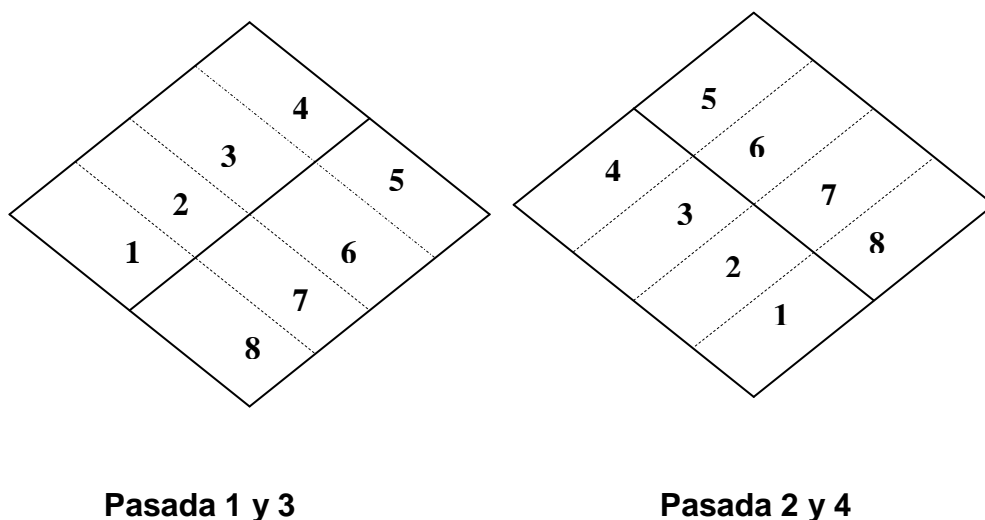


Figura 3.12 Orden Del Apisonado En El Moldeado De Los Especímenes De Ensayo.

Tomado de la norma ASTM C 109.

Posteriormente, se llenan los compartimientos con el resto del mortero cuando el apisonado de la primera capa en todos los compartimientos de los cubos se haya completado, y apisona como se especifico para la primera capa.

Durante el apisonado de la segunda capa, lleve el mortero que se haya salido hacia adentro en la parte superior de los moldes después de cada pasada de apisonado por medio de guantes en los dedos y el pisón, al

completar cada pasada y antes de empezar la próxima pasada de apisonado.

Luego se pasa levemente el lado plano de la paleta una vez, a lo largo de la longitud del molde, con el propósito de nivelar el mortero y hacer mas uniforme su espesor.

Enrase el mortero hasta formar una superficie plana con la parte superior del molde, pasando el borde recto de la paleta con un movimiento de aserrado sobre la longitud del mismo (figura 3.13).



Figura 3.13 Apisonado Del Mortero En Los Moldes.

Colocar y mantener todos los especímenes, inmediatamente después del moldeado en los moldes sobre platos de base en el cuarto húmedo de 20 a 72 horas con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo, pero protegidas del goteo de agua.

Ensaye los especímenes después de removerlos del cuarto húmedo, mantenga cubiertos los especímenes si se remueve mas de uno a la vez del cuarto húmedo con un pañuelo húmedo hasta el momento del ensayo,

seque cada espécimen hasta llevarlo a una condición superficialmente seca, y remueva cualquier grano de arena suelo en las caras que estarán en contacto con los soportes de la maquina de ensayo.

Pula la cara o las caras de los especimenes hasta lograr una superficie plana si hay una apreciable curvatura, o deseche el espécimen, cuidadosamente se coloca el espécimen en la maquina de ensayo abajo del centro del soporte superior de la maquina de ensayo (figura 3.14).



Figura 3.14 Ensayo A Compresión De Especimen En Maquina Universal.

La norma ASTM C 270 exige valores de compresión para los diferentes morteros los cuales se presentan a continuación en la tabla 3.7.

Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días Kg./cm ²
M	176
S	127
N	53
O	25

Tabla 3.7 Resistencias mínimas a compresión de los diferentes Tipos de morteros. Tomada de norma ASTM C 270.

Los especímenes fueron probados a 3, 7, 14 y 28 días después de ser elaborados, para los cuales se presentan los resultados en la tabla 3.8.

Muestra N°	Edad días	Ancho cm	Largo cm	Carga kg	Resistencia Kg/cm²
1	3	5.0	5.1	200	7.8
2	3	5.0	5.1	185	7.3
3	3	5.0	5.1	210	8.3
PROMEDIO					7.8
1	7	5.0	5.0	632	25.3
2	7	5.0	5.0	643	25.7
3	7	5.0	5.0	627	25.1
PROMEDIO					25.4
1	14	5.0	5.0	764	30.6
2	14	5.0	5.0	745	29.8
3	14	5.0	5.0	784	31.4
PROMEDIO					30.6
1	28	5.0	5.0	915	36.6
2	28	5.0	5.0	911	36.4
3	28	5.0	5.0	925	37.0
PROMEDIO					36.7

Tabla 3.8 Resistencias promedios de mortero predosificado.

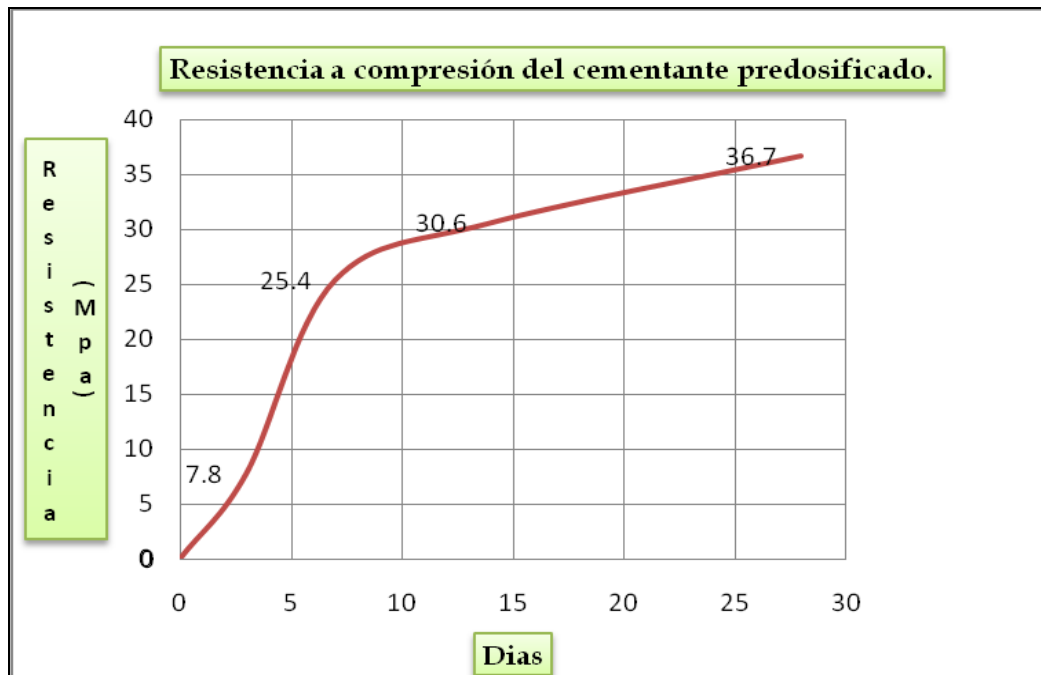


Figura 3.15 Grafico resistencia a la compresión del mortero predosificado.

Según los datos que se obtuvieron a los 28 días de resistencia a compresión del mortero predosificado (figura 3.15), y al hacer una comparación con la resistencia exigida por la norma ASTM C 270 podemos observar que este no cumple con lo exigido, ya que la norma exige una resistencia de 53 kg/cm^2 para un mortero tipo N y con el mortero predosificado solo se alcanzo una resistencia a compresión de 36.7 kg/cm^2 .

3.2.3 TIEMPO DE FRAGUADO DEL MORTERO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C 403.

Partiendo de que el fraguado del mortero es un proceso gradual, cualquier definición de tiempo de fraguado debe ser necesariamente arbitraria. En este método de ensayo, los tiempos requeridos para que el mortero alcance los

valores especificados de resistencia a la penetración son usados para definir los tiempos de fraguado.

Este método puede ser usado para determinar los efectos de variables, tales como contenido de agua, marca, tipo y cantidad de materiales cementantes o mezclas añadidas, sobre el tiempo de fraguado del mortero. Este método de ensayo puede también ser usado para determinar acuerdos con los requerimientos de tiempo de fraguado especificados.

EQUIPO.

Contenedores para especímenes de mortero: Los contenedores deben de ser rígidos, herméticos, no absorbentes, libres de aceite y grasa, y cilíndricos o rectangulares en su sección transversal (ver figura 3.16). El área de la superficie del mortero deberá permitir 10 lecturas independientes de resistencia a la penetración de acuerdo con la distancia requerida en el procedimiento. Las dimensiones laterales deben ser de al menos 6 pul (150 mm) y la altura de al menos 6 pul (150 mm).



Figura 3.16 Contenedores para especímenes de mortero

Agujas de Penetración: Las agujas deben ser adecuadas las cuales puedan ser sujetadas al aparato de carga, el cual tiene las siguientes áreas de apoyo: 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{40}$ pul² (645, 323, 161, 65, 32 y 16 mm²). Cada aguja de espiga debe tener forma de circunferencia a una distancia de 1 pul a partir del área de apoyo. La longitud de la aguja de $\frac{1}{40}$ pul² (16 mm²) Debe ser no más de 3 $\frac{1}{2}$ pul (90 mm) (Figura 3.17).



Figura 3.17 Aguja de penetración.

Aparato de Carga: Un aparato debe ser provisto para medir la fuerza requerida que causa la penetración de las agujas (ver figura 3.18). El aparato debe ser capaz de medir la fuerza de penetración con una exactitud de ± 2 lbf (10 N) y con una capacidad de al menos 130 lbf (600 N).



Figura 3.18 Aparato de carga.

Barra de apisonado: La barra de apisonado debe ser redondeada, recta, de acero de 5/8 pul en diámetro y aproximadamente 24 pul de longitud, teniendo el extremo de apisonado o ambos redondeados con punta semiesférica de 5/8 de pul.

Pipeta: Una pipeta u otro instrumento adecuado deben ser usados para desalojar el sangrado de agua de la superficie del espécimen de ensayo.

Termómetro: El termómetro debe ser capaz de medir la temperatura del mortero fresco a ± 1 °F (± 0.5 °C).

CONDICIONES.

Para ensayos en condiciones de laboratorio, La temperatura de almacenamiento para los especímenes debe estar dentro del rango de 68 a 77 °F (20 a 25 °C), u otra especificada por el usuario.

Para ensayos en condiciones de campo, almacenar los especímenes bajo condiciones de ambiente, como especifique el usuario. Proteger los especímenes de la luz solar directa.

Medir y registrar la temperatura ambiente al comenzar y terminar el ensayo.

Para prevenir evaporación excesiva de humedad, mantener los especímenes cubiertos con un material adecuado como lona humedecida, una tapadera fija, o una cubierta impermeable para la duración del ensayo, excepto

cuando el agua de sangrado esta siendo removida o durante se hace el ensayo de penetración.

PROCEDIMIENTO.

Justo antes de hacer los ensayos de penetración, remover el agua de sangrado de la superficie de los especímenes de mortero por medio de una pipeta o un instrumento adecuado. Para facilitar la colección del agua de sangrado, inclinar el espécimen cuidadosamente en un ángulo de 10° del plano horizontal, colocando una alza debajo de un lado por 2 minutos antes de remover el agua de sangrado.

Insertar una aguja de tamaño apropiado, en el aparato de resistencia a la penetración, dependiendo del grado de fraguado del mortero y acercar la superficie de apoyo de la aguja, al contacto con la superficie del mortero. Gradualmente y uniformemente aplicar una fuerza vertical hacia abajo en el aparato hasta que la aguja penetre el mortero a una profundidad de $1 \pm 1/16$ de pul (25 ± 2 mm), como indicado por la marca de trazado. El tiempo requerido para penetrar 1 pul de profundidad debe ser de 10 ± 2 segundos. Registrar la fuerza requerida para producir la penetración y el tiempo de aplicación, medir como tiempo transcurrido después del contacto inicial del cemento y el agua (figura 3.19). Calcular la resistencia a la penetración, dividiendo la fuerza registrada por el área de apoyo de la aguja y registrar la resistencia a la penetración.



Figura 3.19 Introducción de la aguja de 1 pul en el mortero.

En los siguientes ensayos de penetración tener el cuidado de evitar áreas donde el mortero ha sido alterado con los ensayos anteriores. El claro de distancia entre las impresiones de las agujas debe ser al menos dos diámetros de la aguja que esta siendo usada, pero no menos que $\frac{1}{2}$ pul (15 mm), El claro de distancia entre cualquier impresión de aguja y el lado del contenedor debe ser al menos 1 pul (25 mm).

Para mezclas de mortero convencional a temperaturas de laboratorio de 68 a 77° F (20 a 25°C), hacer el ensayo inicial después de un tiempo transcurrido de 3 a 4 horas después del contacto del agua y el cemento. Los ensayos posteriores deberán ser hechos a intervalos de $\frac{1}{2}$ a 1 hora. Para mezclas que contienen acelerantes, o a temperaturas de laboratorio, es recomendable hacer el ensayo inicial después de transcurrido un tiempo de 1 a 2 horas y ensayos posteriores a intervalos de $\frac{1}{2}$ hora. Para mezclas que contienen retardantes, o a temperaturas bajas en el laboratorio, el ensayo inicial puede ser aplazado hasta transcurrido un tiempo de 4 a 6 horas. En todos los casos, los intervalos de tiempo entre ensayos consecutivos pueden

ser ajustados como sea necesario, dependiendo de la razón de fraguado, para obtener el número requerido de penetraciones.

Hacer al menos 6 penetraciones por cada ensayo de tiempo de fraguado, con intervalos de tiempo de duración tal que provea una curva satisfactoria de resistencia a la penetración contra tiempo transcurrido. Continué el ensayo hasta obtener al menos una lectura de igual o que exceda de 4000 Psi (27.6 Mpa).

CÁLCULOS.

Para cada ploteo, determinar los tiempos de fraguado inicial y final como los tiempos cuando la resistencia a la penetración es igual a 500 Psi (3.5 Mpa) y 4000 Psi (27.6 Mpa), respectivamente. Determinar los tiempos de fraguado por interpolación usando el mejor ajuste de la ecuación de regresión. Registrar los tiempos de fraguado en horas y minutos lo más cercano a 5 minutos.

Para cada variable bajo investigación, calcule los tiempos de fraguado inicial y final como el valor promedio de los resultados de ensayos individuales. Registre el tiempo promedio en horas y minutos lo más cercano a 5 minutos.

RESULTADOS.

MORTERO CON VALOR MAXIMO DE AGUA.

La cantidad de agua con que se elaboro este mortero está basado en la relación de a/cementante predosificado = 0.25, proporcionada por el

fabricante para lo cual, de esta relación se obtuvo la cantidad necesaria de agua para la cantidad de cementante predosificado que necesitábamos para llenar los moldes para cubos en la tabla 3.9, 3.10 y en la figura 3.20. 3.21 se encuentran los resultados de las prueba de resistencia a la penetración del cementante predosificado.

PRUEBA N° 1

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lb)	Resistencia a la penetración (psi)
0	1.00	0	0
120	1.00	0	0
160	1.00	0	0
250	1.00	12	12
300	1.00	15	15
350	1.00	16	16
1260	0.05	32	640
1290	0.05	38	760
1380	0.05	43	860
1470	0.05	48	960
1545	0.05	52	1040
1770	0.03	36	1200
2700	0.03	48	1600
2760	0.03	49	1633.3
2840	0.03	50	1666.7

Tabla 3.9 Resultados de resistencia a penetración del cementante predosificado.

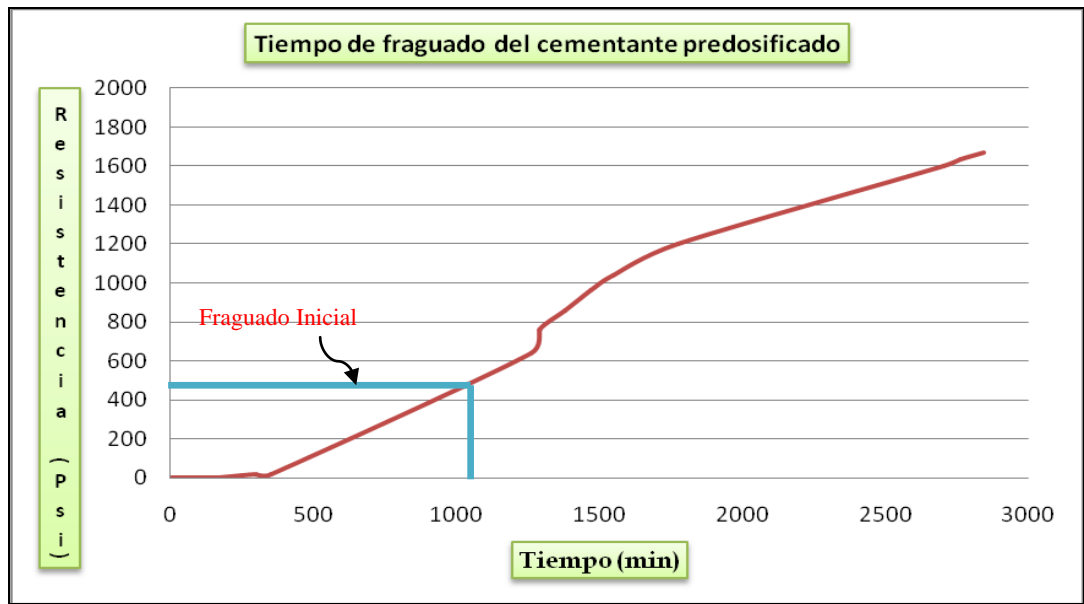


Figura 3.20 Primera prueba de tiempo de fraguado del mortero predosificado con relación de a/cementante predosificado = 0.25.

PRUEBA N° 2

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lbs)	Resistencia a la penetración (Psi)
0	1.00	0.00	0
140	1.00	0.00	0
200	1.00	6	6
250	1.00	9	9
290	1.00	14	14
330	1.00	16	16
360	1.00	18	18
1260	0.05	30	600
1400	0.05	39	780
1600	0.03	28	933.3
1660	0.03	32	1066.7
1720	0.03	37	1233.3
1770	0.03	45	1500

Tabla 3.10 Resultados de resistencia a penetración del cementante predosificado.

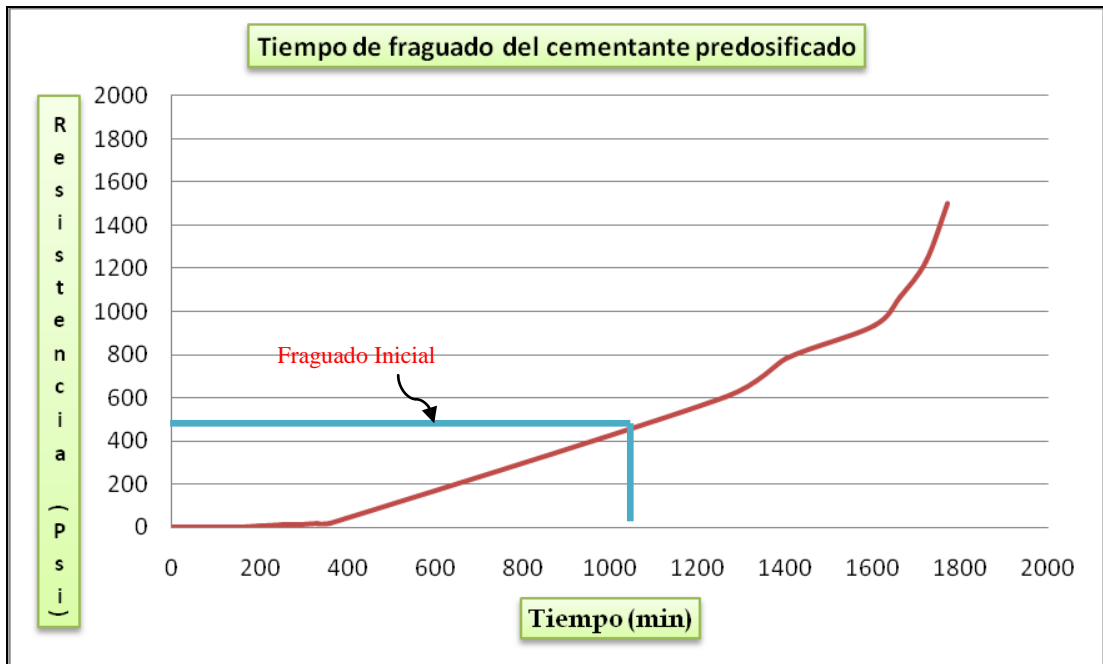


Figura 3.21 Segunda prueba de tiempo de fraguado del mortero predosificado con relación de a/cementante predosificado = 0.25.

En las dos pruebas realizadas se puede observar que no se contaron con datos cercanos al fraguado inicial debido a que este caía en horas de la noche. El fraguado final no se alcanzó ya que en dos días de observación del mortero no se llegó a valores cercanos a este, por lo cual se tomó la decisión de no seguir con la prueba.

MORTERO CON VALOR MINIMO DE AGUA

La cantidad de agua con que se elaboró este mortero está basada en la relación de a/cementante predosificado = 0.20, proporcionada por el fabricante para lo cual, de esta relación se obtuvo la cantidad necesaria de agua para la cantidad de cementante predosificado que necesitábamos.

PRUEBA N° 1

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lb)	Resistencia a la penetración (psi)
0	1.00	0	0
120	1.00	0	0
180	1.00	12	12
240	1.00	21	21
275	1.00	36	36
360	0.50	44	88
390	0.50	52	104
1445	0.03	52	1733.3
1600	0.03	58	1933.3
1700	0.03	60	2000
1800	0.03	63	2100

Tabla N° 11 Valores de resistencia a penetración cementante predosificado.

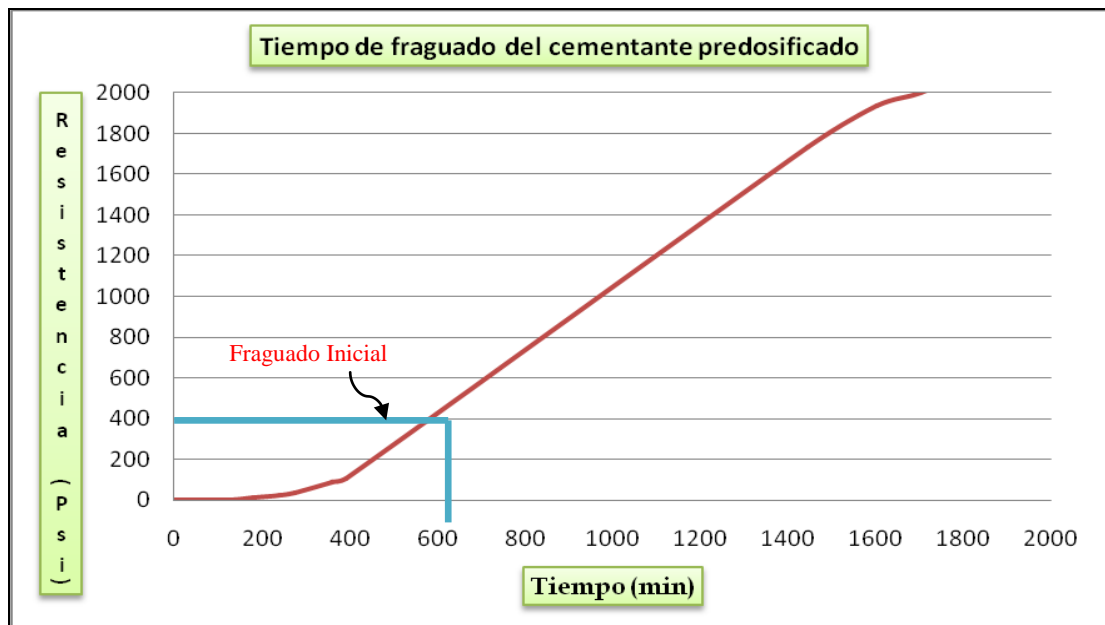


Figura 3.22 Primera prueba de tiempo de fraguado del mortero predosificado con relación de a/cementante predosificado = 0.20.

PRUEBA N° 2

Tiempo trascurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lbs)	Resistencia a la penetración (Psi)
0	1.00	0	0
120	1.00	0	0
180	1.00	10	10
240	1.00	23	23
275	1.00	34	34
360	0.50	41	82
390	0.50	50	100
1445	0.03	53	1733.3
1500	0.03	56	1800
1600	0.03	60	2000
1700	0.03	61	2033.3
1800	0.03	65	2166.7

Tabla N° 12 Valores de resistencia a penetración cementante predosificado.

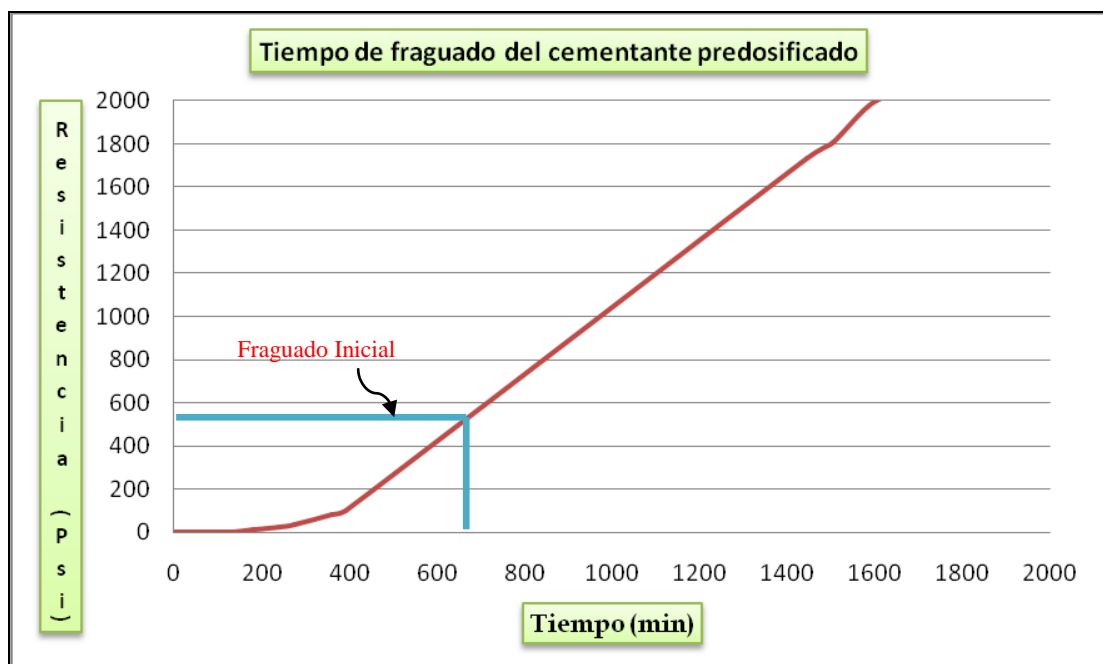


Figura 3.23 Segunda prueba de tiempo de fraguado del mortero predosificado con relación de a/cementante predosificado = 0.20.

Como hemos observado nuevamente en las tablas 3.11, 3.12 y en las figuras 3.22 y 3.23,

Los valores de tiempo para fraguado inicial son muy altos y en este ensayo tampoco se logro encontrar valores cercanos a éste y por lo tanto no se obtuvieron valores de fraguado final ya que los valores eran muy lejanos a este y por lo cual las pruebas fueron descartadas nuevamente.

3.2.4 CONSISTENCIA NORMAL Y TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL DEL CEMENTO POR MEDIO DE LAS AGUJAS DE VICAT (ASTM C 191).

El cemento es un polvo químico seco, que al mezclarse con agua (pasta), adquiere propiedades aglutinantes, tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales, para formar un todo compacto.

Al entrar en contacto el cemento con el agua, se inicia una reacción química llamada hidratación, la cual genera el fraguado, que es un proceso de endurecimiento en el cual, el concreto pasa del estado fluido o semifluido a un estado rígido, el que al finalizar este proceso inicia la ganancia de resistencia. En este proceso de hidratación los cementos requieren determinado tiempo para endurecerse, o sea el fraguado inicial para todos los cementos, exceptuando el Pórtland tipo III. El fraguado inicial no deberá ser menor de 45 minutos.

MATERIAL Y EQUIPO:

- ✓ Cemento
- ✓ Mezcladora
- ✓ Aparato de Vicat
- ✓ Balanza con una precisión de 0.1g.
- ✓ Probeta graduada con capacidad de 150 ó 200 ml.
- ✓ Espátulas
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Guantes de hule
- ✓ Placa de vidrio
- ✓ Franela.

Procedimiento:

Preparación de la pasta de cemento:

Se pesará una muestra de cemento de 650 g. Preparar la mezcladora colocando la paleta y la olla secas en posición de mezclado. Viértase toda el agua dentro de la olla. Agréguese el cemento al agua y déjese transcurrir 30 s para que el cemento la absorba. Póngase en marcha la mezcladora en velocidad baja (140 ± 5 rpm) durante 30 s (figura 3.24).



Figura 3.24 Mezclado del cementante predosificado con el agua.

Deténgase la mezcladora y usando la espátula, despréndase hacia abajo rápidamente toda la pasta que se haya adherido a las paredes de la olla. Esta operación deberá tomar no más de 15 s.

Póngase en marcha la mezcladora en velocidad alta (285 ± 10 rpm) y mézclese la pasta durante un minuto.

Moldeado de los especímenes:

Con la pasta de cemento preparada como se indicó anteriormente, fórmese una bola (se tendrá cuidado de tener las manos enguantadas, para que no haya contacto de cemento con la piel).

Tírese esta bola 6 veces de una mano a otra, manteniendo las manos separadas una distancia de 15 cm (6”).

Presione la bola, que descansará en la palma de la mano, dentro del extremo mayor del anillo cónico, que se sostendrá en la otra mano, hasta llenar completamente el anillo con la pasta.

Remuévase el exceso de pasta en el extremo mayor con un simple movimiento de la palma de la mano.

Colóquese el anillo de tal manera que su extremo mayor descansa sobre la placa de vidrio y quítese el exceso de pasta en el extremo menor de la parte superior del anillo pasando el borde afilado de una espátula que se mantendrá en posición oblicua de tal manera que forme un ángulo pequeño con el extremo superior del anillo.

Alísese la parte superior del espécimen, si es necesario con una o dos ligeras pasadas del borde sin filo de la espátula. Durante las operaciones de cortado y alisado téngase cuidado de no comprimir la pasta.

Determinación de la consistencia.

La pasta confinada en el anillo sobre la placa de vidrio se centrará bajo el vástago del aparato de Vicat (figura 3.25).



Figura 3.25 Aparato de Vicat.

El extremo del vástago (varilla de 1 cm de diámetro) se pondrá en contacto con la superficie de la pasta y se asegurará el tornillo fijador. Después se colocará el índice móvil sobre la marca 0 de la escala, o se tomará una lectura inicial (figura 3.26).



Figura 3.26 Escala del aparato de Vicat.

Se soltará el vástago o varilla bruscamente y se deja que ejerza una acción durante 30 s, al final de los cuales se lee en la escala la penetración que haya hecho el vástago. El aparato estará libre de toda vibración durante la prueba.

La pasta será de consistencia normal cuando después de 30 s de haber soltado el vástago, penetre 10 ± 1 mm bajo la superficie original.

La pasta de prueba se hará variando el porcentaje de agua hasta obtener la consistencia normal, cada intento se hará con nuevo cemento.

Determinación del tiempo de fraguado:

Una vez encontrada la cantidad de agua para la cual se obtiene la consistencia normal del cemento.

Preparar un espécimen con esta cantidad de agua siguiendo el procedimiento antes descrito.

Colocar el espécimen en el cuarto húmedo, durante treinta minutos después del moldeado sin producir ninguna alteración.

Determinarse la penetración de la aguja de 1 mm. En este instante y durante cada 15 minutos subsecuentes (10 min para cemento tipo III) hasta obtener una penetración de 25 mm o menos.

Para el ensayo de penetración hágase descender la aguja de 1 mm. Hasta que descansa en la superficie de la pasta de cemento. Apriétese el tornillo de ajuste y ajústese el indicador, en el extremo superior de la escala, o tómese una lectura inicial.

Suéltese la varilla rápidamente soltando el tornillo de ajuste y permítase que la aguja penetre durante 30 s, después tómese la lectura para determinar la penetración (si la pasta está demasiado suave en las primeras lecturas, se puede retardar el descenso de la varilla para evitar que se flexione la aguja de 1 mm).

Regístrense los resultados de todos los ensayos de penetración con su correspondiente tiempo. Se tendrá cuidado de no hacer ensayos de penetración a menos de $\frac{1}{4}$ " (0.6 cm) de una marca de penetración previa y

no se harán ensayos de penetración a menos de 3/8" (1 cm) de la cara interior del molde (figura 3.27).

Cálculos:

Se elaborará una gráfica de Penetración - Tiempo, donde se colocará en las ordenadas la penetración y en el eje de las abscisas el tiempo, luego de la gráfica interpolar el tiempo para el cual se da una penetración de 25 mm.

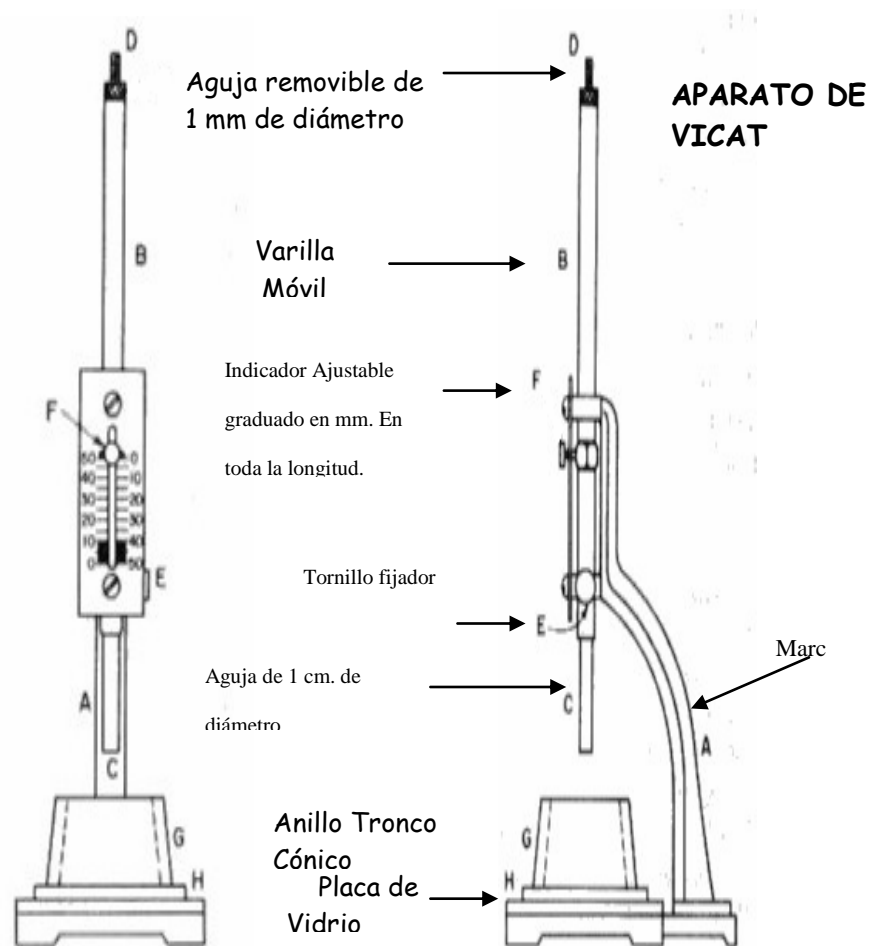


Figura 3.27 Componentes del aparato de Vicat.

🚧 RESULTADOS.

En nuestro caso no se realizaron los pasos del moldeado de los especímenes y determinación de la consistencia, debido a que ellos tratan de encontrar la consistencia normal del mortero, y ya que el cementante predosificado viene con una cantidad de agua recomendada, solamente se realizara la preparación del mortero y la determinación del tiempo de fraguado. Debido a experiencias en el ensayo de fraguado inicial y final del mortero por las agujas de penetración, en que los tiempos de fraguado para el cementante predosificado no se encontraron, tanto para la relación máxima como para la mínima de agua, se empezara con la cantidad mínima de agua, ya que se espera que debido a la menor cantidad de agua el mortero llegue a fraguar en un menor tiempo.

Tiempo (min)	Penetración (mm)
30	50
45	50
60	50
90	49
120	50
180	47
240	44
270	40
300	36
330	32
360	30

Tabla N° 3.13 Resultados del ensayo de fraguado por agujas de Vicat

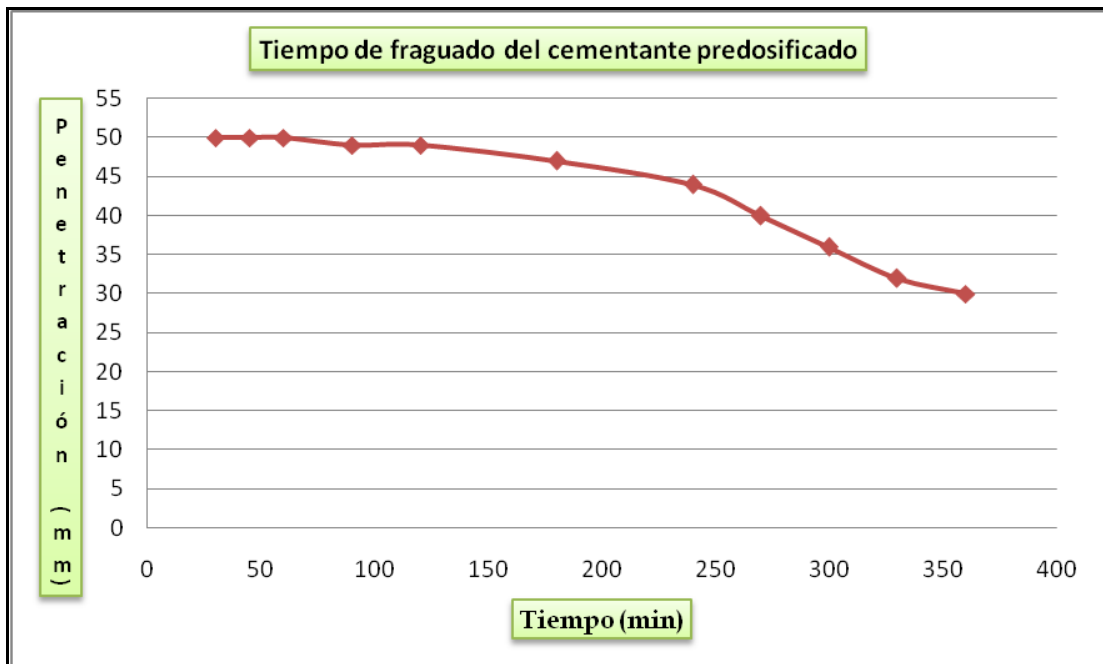


Figura 3.28 Grafica de ensayo de tiempo de fraguado inicial por agujas de Vicat.

Como se ha podido observar en la tabla 3.13 y de la grafica 3.28 en seis horas de estudio no se ha logrado alcanzar el fraguado inicial del cementante predosificado, una de las ideas que se tiene del porque el cementante predosificado presenta tiempos de fraguados muy largos es debido a que el material contiene fibras que son responsables de mantener la humedad en el, evitando así que este seque rápido y se agriete. Las especificaciones del fabricante recomiendan espesores de repellos iguales o menores a 15 mm, y ya que en las pruebas que se han realizado los espesores son mucho mayores de lo que se especifican (6" para el ensayo por resistencia a penetración y 50 mm para el ensayo de las agujas de Vicat), el material absorbe mucho agua, la cual no deja que este seque provocando así tiempos de fraguado mucho mayores de los que se pudieran obtener si el espesor fuera el recomendado por el fabricante.

3.2.5 ENSAYO DE PH.

Las medidas de potencial directo consisten en comparar el potencial de un electrodo indicador en contacto con la solución problema, con el potencial de un mismo electrodo sumergido en una serie de soluciones patrón del componente a determinar. Este método recibe el nombre de “método potenciométrico directo”.

Esta practica esta basada en el hecho de que cuando el potencial del electrodo se mide, su resultado es comparado con el potencial constante de un electrodo de referencia. En este método el PH de una muestra se determina por medio de un medidor de PH electrónico o potenciométrico. Este aparato posee un electrodo de referencia y un electrodo indicador que se sumergen en la muestra y donde la concentración de equilibrio de ión hidrogeno genera una diferencia de potencial entre los electrodos que puede ser captada y transformada a una lectura de PH.

Equipo y reactivos:

- ✚ Una unidad básica del potenciómetro
- ✚ Electrodos (indicador y referencia o combinados)
- ✚ Un soporte y un sostenedor
- ✚ Beaker de muestra/patrón
- ✚ Agitador de vidrio
- ✚ Soluciones Patrón de pH=4, pH=7 y pH=10
- ✚ Agua destilada

✚ Balanza electrónica

✚ Probeta

✚ Erlenmeyer

Preparación de la muestra:

Colocar una muestra de 20 g de material cementante en un frasco o bolsa, y agitar hasta que se tenga una muestra homogénea (figura 3.29).



Figura 3.29 Homogeneización de la muestra.

Teniendo la muestra homogenizada se utiliza un dispensador plástico calibrado (probeta) con el cual se mide 50 ml de agua destilada (figura 3.30).

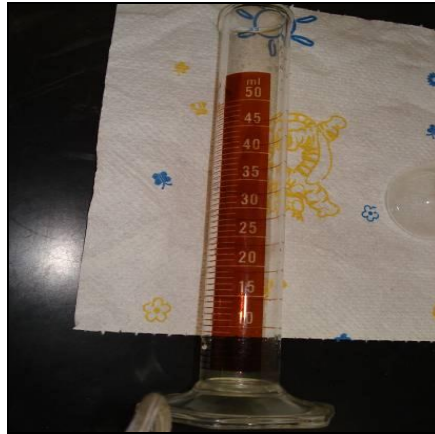


Figura 3.30 Probeta de 50 ml.

Luego de tener medidos los materiales (agua destilada y muestra de cementante predosificado) se mezclan en un erlenmeyer agitando manualmente durante 5 min (figura 3.31).

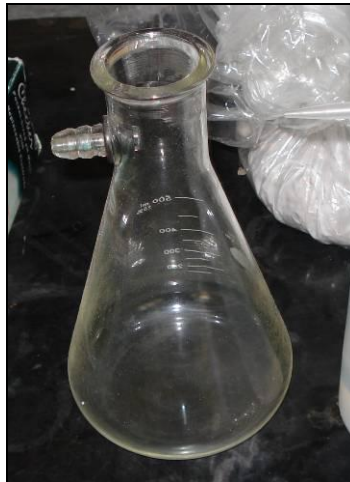


Figura 3.31 Erlenmeyer.

Calibración y lectura del medidor de PH:

Calibrar el potenciómetro con dos soluciones buffer (PH=4 y PH=7 ó PH=7 y PH=10) siguiendo las instrucciones del manual del medidor de PH

(figura 3.32). Verificar la estabilidad antes y después de cada serie de 11 determinaciones.



Figura 3.32 Soluciones buffer con pH=4, pH=7 y pH=10.

Las lecturas del potenciómetro se harán según el tipo de muestra que se analizara, para muestras de suelos se leerán 2 cifras significativas y para otras muestras se leerán 3 cifras significativas.

Procedimiento para lectura de pH:

Se lavan los electrodos con agua destilada (usar un lavador de tubo de salida grueso y recoger las aguas de lavado en un beaker o frasco plástico adecuado de boca ancha) (figura 3.33).

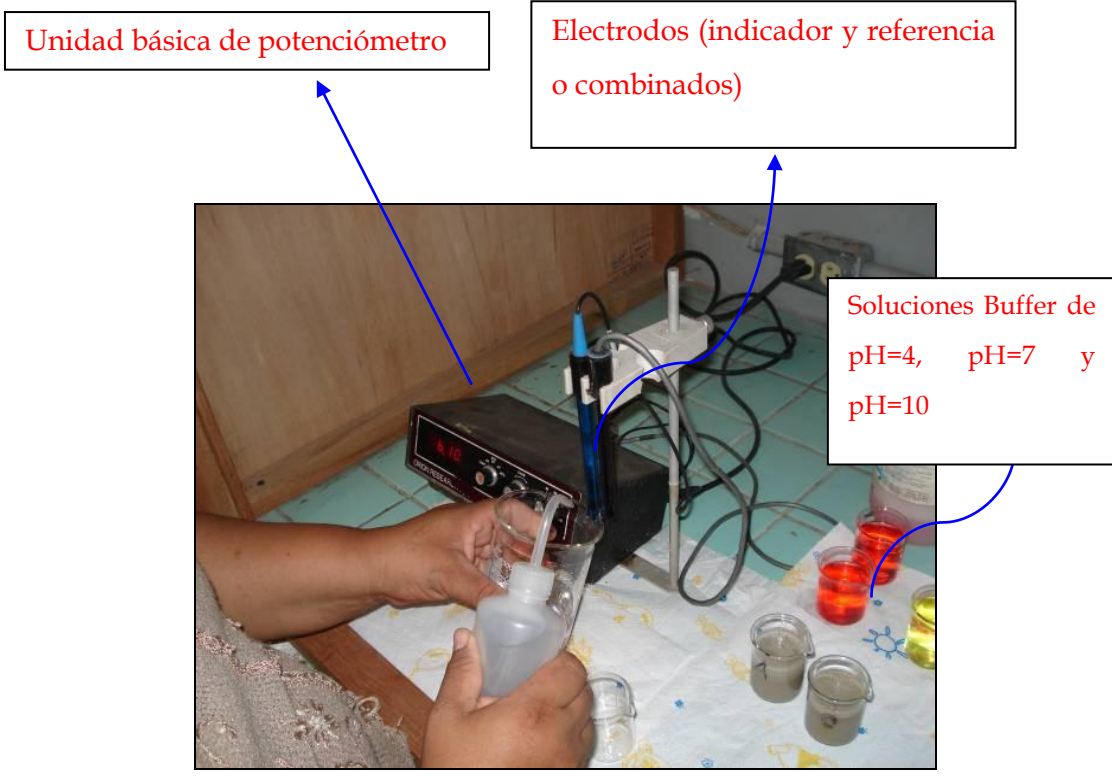


Figura 3.33 Lavado de electrodos con agua destilada.

Agitar nuevamente cada muestra 30 s antes de leer la muestra, luego se introduce el electrodo en las muestras hasta 1 pul y se espera a que se estabilice la lectura y se anota su valor (figuras 3.34 y 3.35).



Figura 3.34 Introducción de los electrodos en la muestra.

Unidad básica de potenciómetro



Figura 3.35 Lectura de pH.

Se vuelven a lavar los electrodos después de realizada cada lectura, si el potenciómetro esta calibrado con pH y pH=4 y la muestra presenta un PH=8.5 se debe volver a calibrar el equipo con pH=7 y pH=10.

RESULTADOS.

Numero de prueba	Lectura de PH
1	11.54
2	11.62
3	11.64
4	11.66
5	11.63
6	11.56
<u>pH promedio=</u>	<u>11.61</u>

Tabla N° 3.14 Resultados del ensayo de pH

En la tabla 3.14 se muestran los resultados de seis pruebas realizadas al cementante predosificado, obteniendo un promedio de las pruebas de 11.61, lo cual indica que este material es un compuesto alcalino.

3.2.6 ENSAYO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

La difracción se define como la desviación hacia una nueva dirección, de las ondas que encuentran un objeto (un obstáculo) en su camino; sin embargo para que la difracción ocurra el tamaño del objeto debe ser del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las radiaciones incidentes.

Es así que los rayos X pueden difractarse al atravesar un cristal, o ser dispersados por el, ya que el cristal está formado por redes de átomos regulares que actúan como redes de difracción cuyo espaciamiento es aproximadamente igual al valor de longitud de onda de la radiación

En síntesis el fenómeno de la difracción de rayos X consiste básicamente en un proceso de interferencias constructivas de las ondas de rayos X emitidos, que se producen en determinadas direcciones de espacio.

MÉTODO DE DIFRACTOMETRIA DE POLVO

La difracción de rayos X en muestras de polvo cristalino o muestras policristalinas se puso de manifiesto primeramente en Alemania por P. Debye y P. Scherrer en 1916 y casi al mismo tiempo se desarrolló a través de los estudios de Hull en los Estados Unidos. El descubrimiento del fenómeno de la difracción en este tipo de muestras se convierte rápidamente en una técnica experimental de extendido uso, debido básicamente al amplio campo de aplicación que podemos encontrar para el estudio de sustancias cristalinas. Hoy día esta técnica constituye una habitual herramienta de trabajo con una extraordinaria utilidad en muy distintas disciplinas científicas

y tecnológicas, por el carácter polifacético en lo que se refiere a la gran variedad de información que proporciona.

La identificación de fases cristalinas constituye uno de los campos de aplicación más importantes del método de polvo cristalino.

El registro del espectro difractado puede realizarse empleando dos dispositivos experimentales con características bien diferenciadas:

- Métodos fotográficos (cámaras Debye-Scherrer).

- Difractómetro de polvo.

La diferencia radica en el registro, en las cámaras de polvo el espectro se registra en una película fotográfica, en la que la densidad de ennegrecimiento indica la intensidad de las radiaciones reflejadas. En el difractómetro de polvo, se obtiene un registro gráfico de las señales que las reflexiones originan en detectores electrónicos de radiación.

EL DIFRACTÓMETRO DE POLVO: Éste método es el que se utilizó para éste estudio en particular, con equipo de difracción de Rayos X PHILLIPS 1730 y goniómetro de dos círculos; conteniendo una geometría denominada Bragg-Brentano en el que, el contador electrónico forma un ángulo variable ($2\theta = 3^\circ-110^\circ$) con el haz incidente de rayos X.

Cuando la muestra gira un ángulo θ el contador gira 2θ , este movimiento es el que hace que el difractómetro se denomine "Difractómetro de dos círculos" (figura 3.36). En el difractómetro la muestra se sitúa en el centro de eje del goniómetro de precisión, cuya velocidad angular está sincronizada en la relación 2:1 con el detector.

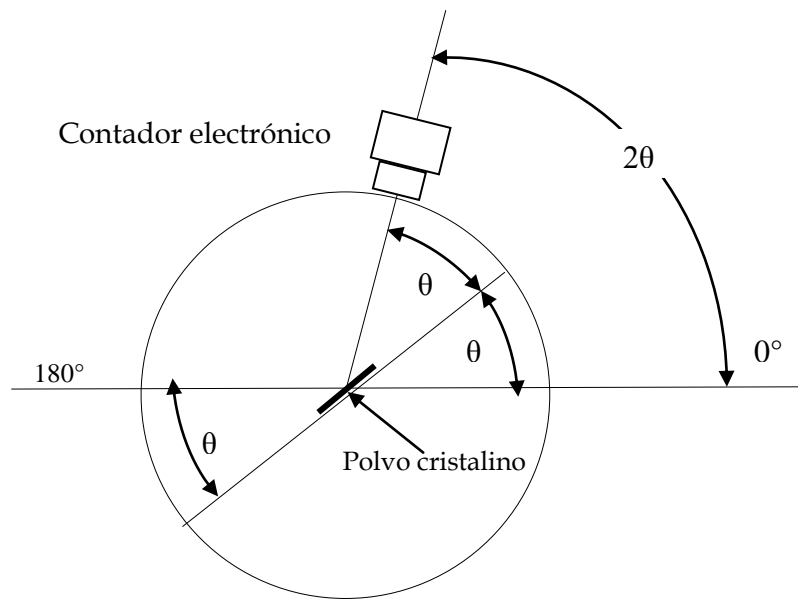


Figura 3.36 Diagrama del difractómetro de dos círculos.

El registro gráfico o difractograma consiste de dos picos distribuidos en función de los valores angulares, 2θ , y que corresponden a las de las reflexiones que representan. Las alturas de estos máximos y más concretamente sus áreas constituyen magnitudes muy representativas de las intensidades de las reflexiones correspondientes, las cuales pueden ser medidas con gran exactitud y reproducibilidad.

Descripción del equipo

Para realizar el ensayo de difracción de Rayos "X", se contó con el apoyo del centro de investigación y análisis nuclear de la universidad de El Salvador (CIAN), quienes nos facilitaron el uso del difractómetro de rayos "X" PHILLIPS 1730/00.

El difractómetro está compuesto por diversos elementos, de los cuales solo mencionaremos los que consideramos más importantes a la hora de operar el equipo, enumerándolos a continuación:

- ✓ El generador de potencial constante PW1730/00
- ✓ Sistema de enfriamiento de agua
- ✓ La torre del tubo para difracción de los rayos "X"
- ✓ Goniómetro Horizontal

Generador de potencial constante PW1730/00

La unidad PW1730/00 es un generador de potencial constante, cuya función específica, es la de crear las condiciones óptimas de operación, generando alto voltaje, para un tubo de rayos x en sistemas de difracción de rayos X. El diseño cumple con los requerimientos de la Comisión Internacional de Electrónica (IEC, por sus siglas en inglés), en su publicación 348 (figura 3.37).

Las dimensiones físicas son 1.15 m de alto, 1.08 m de ancho y 0.84 m de profundidad; su peso es de 540 Kg. transmitiendo un esfuerzo al piso de 120 N/m^2 .



Figura 3.37 Generador de potencial constante PW1730/00.

Para operar el generador tenemos el control frontal mostrado en la figura 3.38.

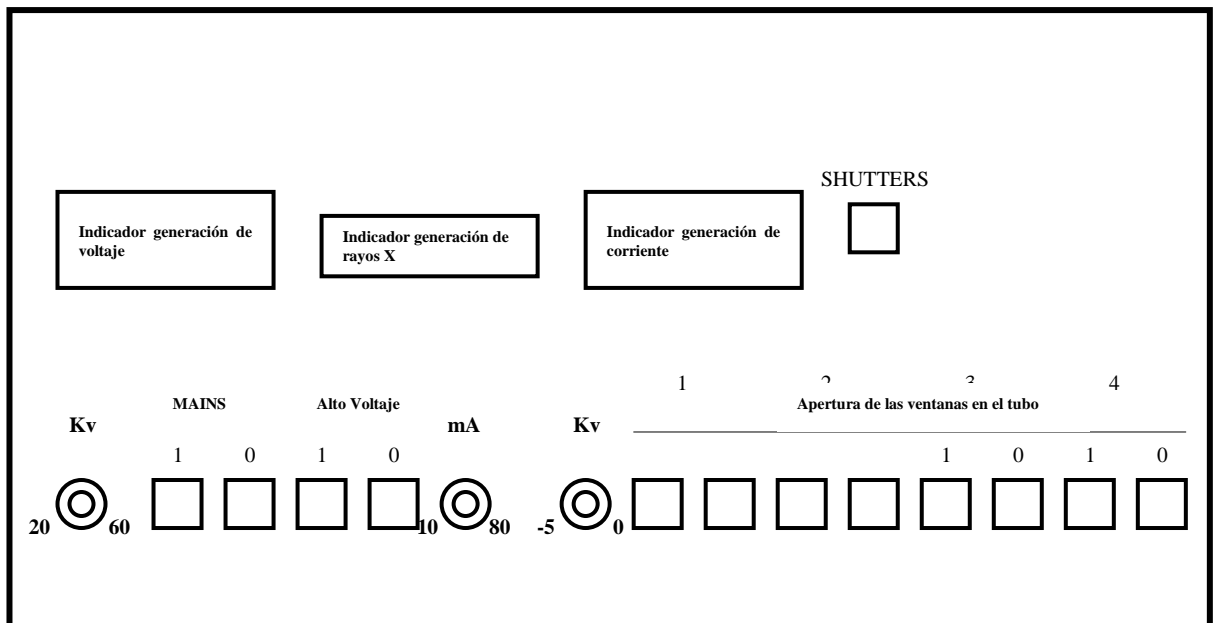


Figura 3.38 Panel De Control Frontal Del Generador De Potencial Constante Pw1730/00

Descripción de elementos en la parte superior:

- ✓ Indicador de Generación de Voltaje: pantalla en donde se registran las medidas de los kV aplicados al tubo de rayos X.
- ✓ Indicador de Generación de rayos x: luz de alerta debido a la producción de rayos X.
- ✓ Indicador de Generación de Corriente: pantalla en donde se registran las medidas de la corriente en el tubo de rayos X.
- ✓ Botón SHUTTERS: nos sirve para abrir las ventanas en el tubo (trabaja en conjunto con los botones de cada ventana).

Descripción de botones y perillas en la parte inferior:

- ✓ Perilla de Voltaje: selecciona el alto voltaje desde 20 kV hasta 60 kV en pasos de 5 kV.
- ✓ Botones de MAIN: es por medio de este botón que ponemos en operación el equipo (botón 1 de la figura 3.38) e igualmente lo detenemos (botón 0 de la figura 3.38).
- ✓ Botones de Alto Voltaje: por medio de ellos se comienza a generar alto voltaje (botón 1 de la figura 3.38) y con el botón 0 de la figura 3.38 damos por finalizada la generación del alto voltaje.
- ✓ Perilla de Corriente: con ella seleccionamos la corriente con la que se trabajará en el tubo de rayos x.
- ✓ Perilla de Ajuste de Corriente: como su nombre lo indica, sirve para ajustar la corriente en el tubo en un rango de 0 a -5 mA.

- ✓ Botones de Apertura de Ventanas en el Tubo: estos botones trabajan en conjunto con el botón de la parte superior "Shutters", para abrir y cerrar las ventanas en el tubo de rayos X. Son cuatro ventanas que tenemos disponibles, para abrir una de ellas se oprime el botón 1 y para cerrarla el botón 0 de la figura 3.38.

Sistema de enfriamiento de agua:

Este sistema es el encargado de dispersar el calor producido por el bombardeo de electrones al ánodo y en el tanque de alto voltaje, para mantener una temperatura normal de funcionamiento del equipo (ver figura 3.39).



Figura 3.39 Equipo encargado de suministrar agua al sistema de enfriamiento del PW1730/00

La torre de tubo para difracción de los rayos x PW1730/00:

La torre de tubo PW1316/91 es el espacio físico donde colocamos el tubo de rayos X, se encuentra fabricado con materiales que dan un blindaje a la radiación x. Posee todos los medios de conexión necesarios para la aplicación de la alta tensión proveniente del generador y las entradas para el circuito de enfriamiento. La salida de los rayos X se logra a través de cuatro ventanas que se encuentran cerradas por medio de discos móviles llamados "SHUTTERS", que son controlados desde el panel de control de la unidad PW1730100.

Goniómetro horizontal PW1380

Un goniómetro es un instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en grados utilizado para medir ángulos.

La unidad PW1380. Es un goniómetro con un barrido angular que va de $\theta = 360^\circ$ y $2\theta = -65$ a 165° (ver figura 3.40). En este instrumento el sostenedor de la muestra rota a una velocidad θ y el detector a una velocidad 2θ , ambos rotan sobre el mismo eje, en la misma dirección y una relación de velocidades de 1:2, como es requerido para que se de la reflexión según Bragg. La velocidad de exploración puede ser seleccionada mediante un conjunto de engranajes accesibles por el usuario del goniómetro ($1/8^\circ$, $1/4^\circ$, $1/2^\circ$, 1° , 2° de 20 por minuto).



Figura 3.40 Goniómetro horizontal PW1380.

Procedimiento para el análisis por difracción de rayos X:

Selección de las muestras:

Para el análisis por difracción de rayos X se requiere que la muestra sea representativa del material, y debe ser guardada en un envase plástico cerrado para evitar cualquier contaminación, se toma una cantidad mínima de 3 gramos. La muestra deberá estar debidamente pulverizada y homogenizada con un tamaño de grano de 5 - 10 μm .

El sitio donde se va tomar la muestra y la cantidad de muestras que se requiere de analizar depende de la naturaleza y el enfoque del problema que se quiere resolver. Es importante resaltar que el criterio de selección de una muestra depende particularmente del objetivo que se pretende alcanzar con el análisis, de ahí la importancia de escoger una muestra representativa

y adecuada para la solución de un problema específico. De igual manera, para decidir sobre la o las formas de preparación de una muestra, hay que considerar no solamente sus características físicas, sino también hay que tomar en cuenta la finalidad del análisis.

Preparación de la muestra:

El proceso de preparación de la muestra se inicia con la pulverización de la muestra. En el método de polvo, la intensidad de las líneas de difracción depende en gran medida del estado y del tamaño del grano, es importante que durante la preparación se considere cuidadosamente el siguiente aspecto:

Tamaño del grano: Si el tamaño del grano es muy pequeño, por ejemplo $< 1\mu\text{m}$ las líneas serán anchas, el ancho de los picos está en relación con el ancho de la cristalita y el ángulo difractado.

El tamaño de grano de 5 a 10 μm permite mejores resultados en lo que se refiere a la intensidad promedio.

Pulverización de la muestra:

Si el tamaño de la muestra es mayor de 1 cm es necesario realizar la molienda del material hasta obtener fragmentos más pequeños que faciliten la pulverización.

La pulverización inicial se realiza en seco utilizando un mortero automático o bien un molino eléctrico hasta alcanzar el tamaño monomineralico

(0.5 a 1 mm). El pulverizado final se hace en un mortero de ágata, hasta llevar al material a un tamaño de 5 a 10 μm , es importante señalar que debe agregarse agua o preferentemente acetona para evitar dañar por deformación la estructura de los cristales (figura 3.41).



Figura 3.41 Pulverización de la muestra con mortero de Ágata.

Elaboración de las preparaciones (probetas):

Preparación en vidrio:

Consiste en colocar una cantidad mínima de muestra de la muestra pulverizada sobre el porta objetos de vidrio de 3 de ancho por 2 cm de largo y agregando una o dos gotas de agua, dispersar la muestra con el borde de otro vidrio esparciéndola en la mitad del porta objeto de manera uniforme y homogénea dejándola secar al aire (figura 3.42).



Figura 3.42 Preparación de la muestra en vidrio.

Operación del difractómetro philips pw-1730 adquisición de espectros.

Para poner en marcha el difractómetro y coleccionar el espectro de difracción de una muestra se siguen las instrucciones siguientes:

Encender el módulo del Generador de potencial constante (Mains) dejando luego un tiempo de estabilización de 10 minutos antes de encender el Alto Voltaje (figura 3.43).



Figura 3.43 Generador de potencial constante (Mains).

Encender la fuente de alimentación del Goniómetro (figura 3.44).

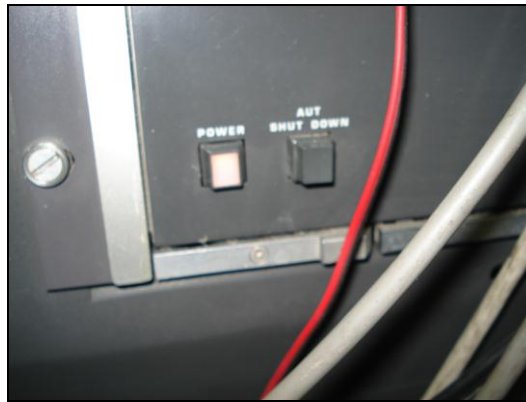


Figura 3.44 Fuente de alimentación.

Encender la computadora y abrir el programa LABVIEW/ FÉNIX v. 2.0 (figura 3.45).



Figura 3.45 Carga del software LABVIEW/ FÉNIX v. 2.0.

Encender el sistema de enfriamiento.

Encender al alto voltaje y estabilizar el sistema durante 5 minutos.

Incrementar el voltaje y la corriente (Kv y mA) en intervalos de 5 Kv y % mA hasta 40 Kv y 20 mA respectivamente cuidando de mantener siempre los valores de $Kv > mA$.

Colocar la muestra que va a ser analizada en el eje del portamuestra del goniómetro (figura 3.46).

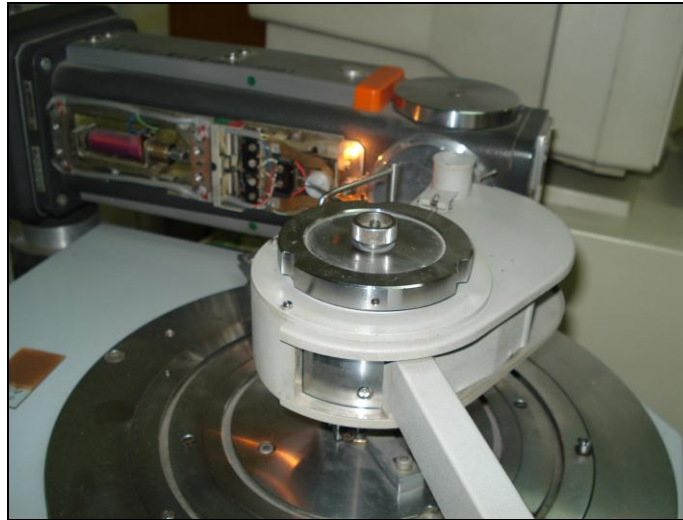


Figura 3.46 Porta muestras del goniómetro.

Fijar el ángulo de inicio en el goniómetro colocando la palanca del motor en la posición de embrague girando la manivela hasta la posición del ángulo de inicio el cual es definido dependiendo de la muestra que se va a analizar (figura 3.47).



Figura 3.47 Fijación del ángulo de inicio del goniómetro.

Volver la palanca del motor a la posición de desembrague.

Abrir la ventana del tubo de rayos X presionando simultáneamente los botones “shuters” y 4 –1 en el panel de control (figura 3.48).



Figura 3.48 Apertura del tubo de rayos X.

Introducir los siguientes datos de la muestra en la computadora:

Nombre del Archivo

Comentarios

Fijar en la pantalla:

Angulo de inicio

Activar el programa

Para iniciar la corrida, se hace clic sobre “Adquirir”

Guardar el archivo del registro haciendo clic en “Archivar” Con este paso final ya queda registrado en memoria el espectro de la muestra adquirida el

cual será interpretado según el documento de “Procedimiento de Análisis de Sólidos por Difractometría de rayos X”

RESULTADOS:

Al final de la prueba los resultados son presentados en una grafica intensidad versus ángulo 2θ , llamados difractograma, el cual puede ser considerado como la huella digital de los minerales; por lo que por medio de estos gráficos se puede identificar el tipo de mineral que contiene cada muestra a analizar.

Para este ensayo se realizaron 3 pruebas al cementante predosificado, la primera prueba se realizo al cementante predosificado como un todo, la segunda prueba se realizo al material que pasa la malla N° 200 y la tercera prueba al material que queda retenido en la malla N° 200 (figura 3.49).



Figura 3.49 Separación del material grueso del fino por medio de malla N° 200.

A continuación se presentan los difractogramas del cementante predosificado en las figuras 3.50, 3.51, 3.52 para cada una de las 3 pruebas que se analizaron.

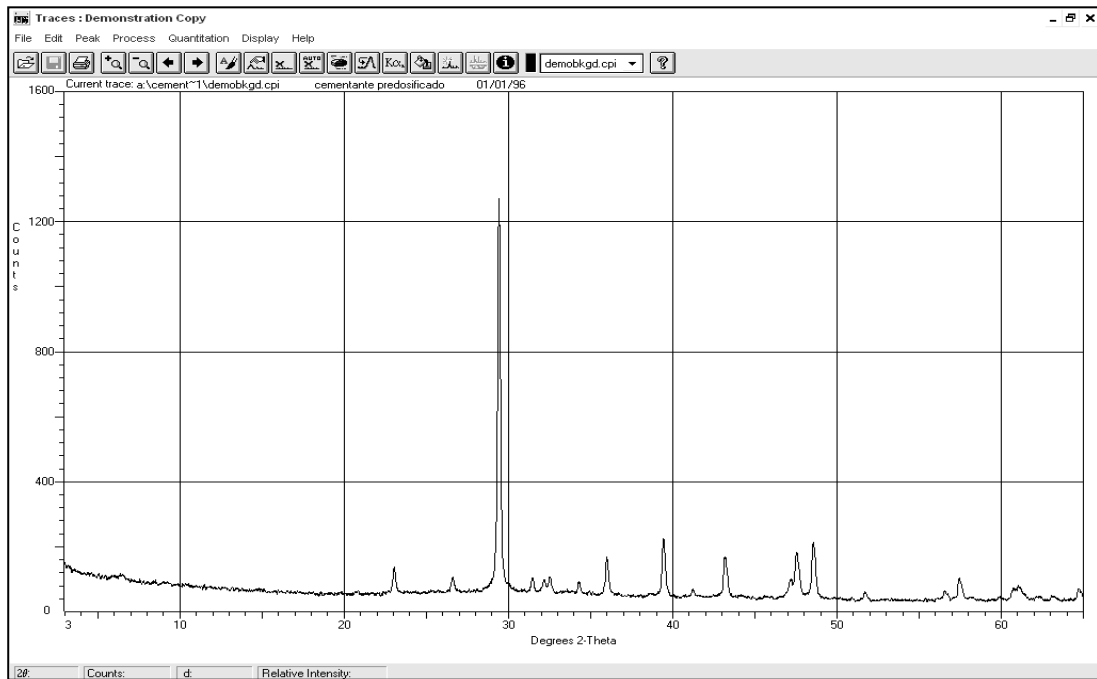


Figura 3.50 Espectro del cementante predosificado.

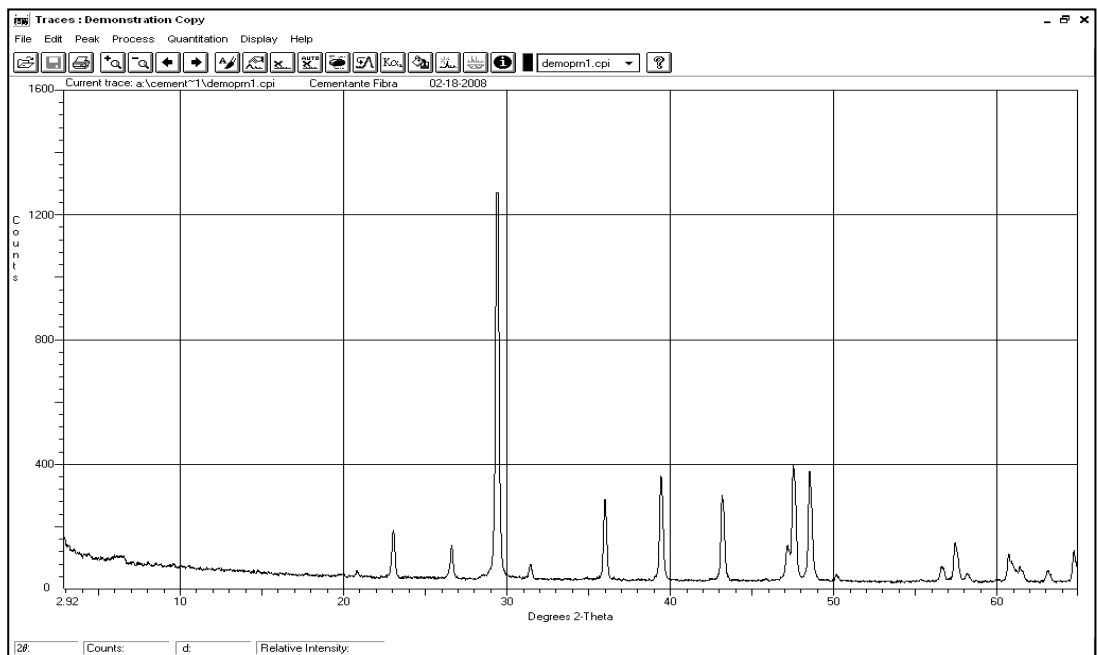


Figura 3.51 Espectro del material retenido en la malla N° 200.

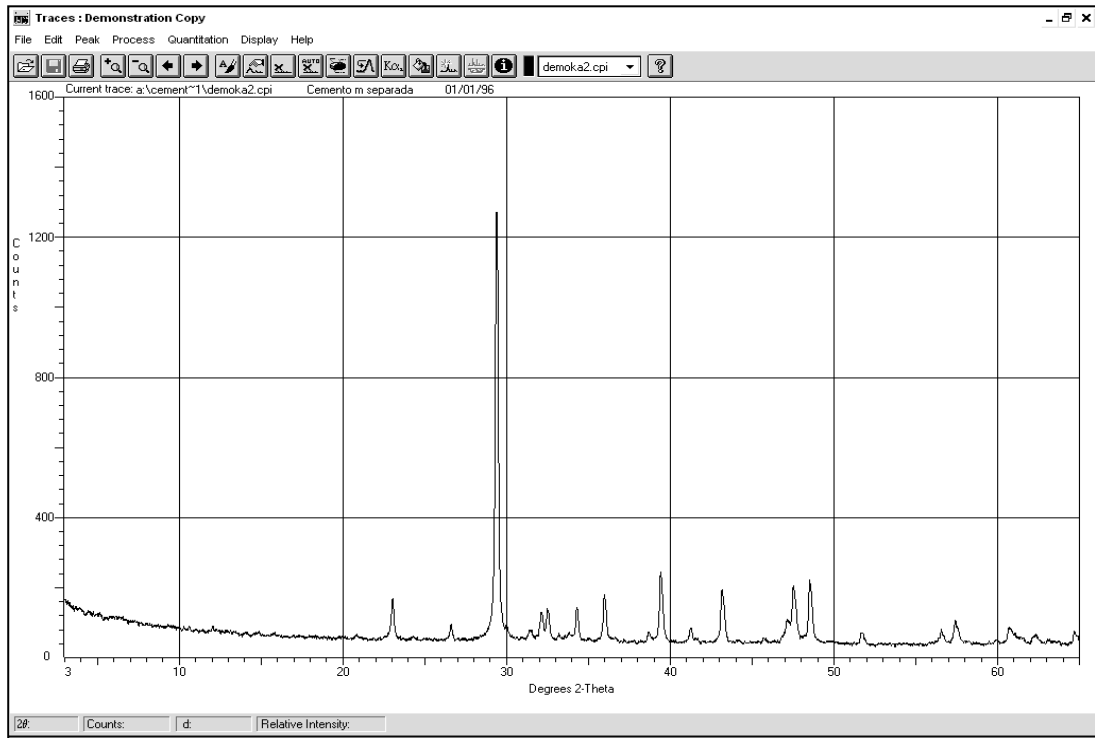


Figura 3.52 Espectro del material que pasa la malla N° 200.

Teniendo los espectros de las 3 pruebas realizadas, a continuación se sobre pusieron en un mismo grafico las 3 figuras anteriores (figura 3.53), para obtener así los picos mas altos de los espectros y leer los compuestos que se encuentran en este material.

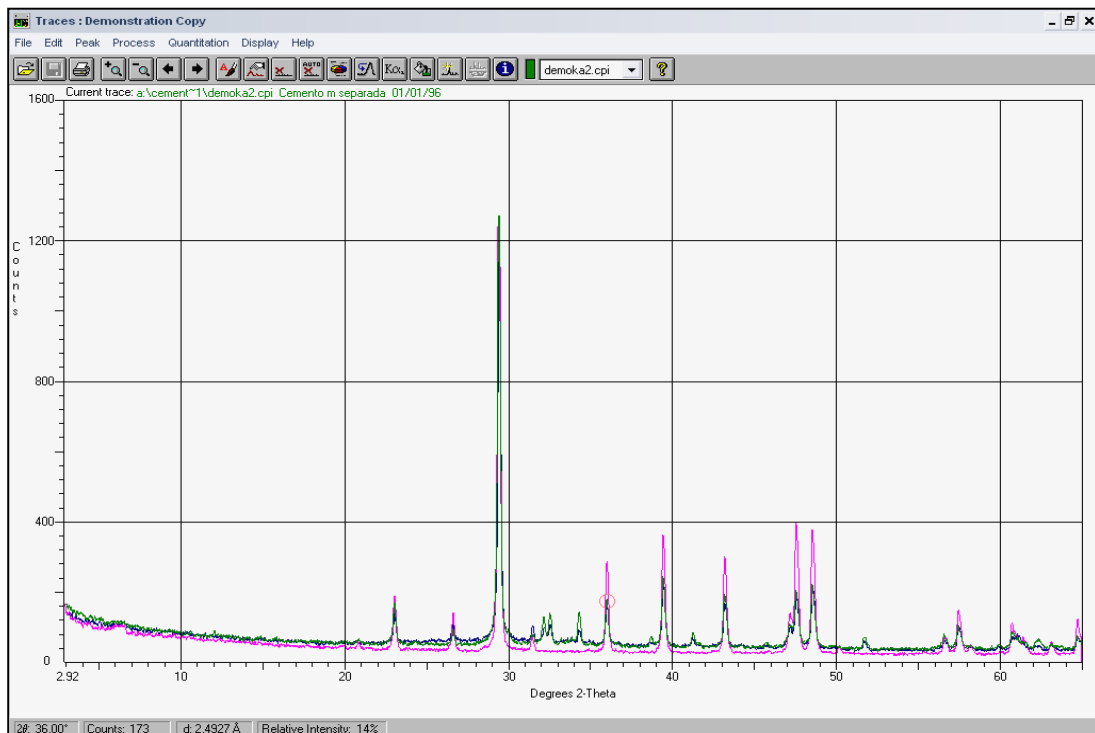


Figura 3.53 Sobre posición de los espectros.

INTERPRETACION DE LOS DIFRACTOGRAMAS

La identificación de minerales y otros compuestos inorgánicos en fase cristalina, analizados por difracción de Rayos X, se hace mediante el Método Hanawalt, el cual consiste esencialmente de la definición de los valores de espaciamento “d” de cada pico que aparece en el difractograma, asignándoles un porcentaje de intensidad relativa y realizando la búsqueda de los picos en la base de datos del Internacional Centre for Diffraction Data (ICDD). Para realizar la primera parte del proceso de identificación se parte del espectro de difracción del cual se obtienen los valores angulares de 2θ correspondientes a la interferencia constructiva que encuentra el haz de rayos x al incidir sobre la red cristalográfica irradiada. Utilizando la ley de

Bragg se transforman estos valores de 2θ en los valores del espaciamiento interplanar "d" correspondiente a cada sustancia cristalina contenida en la muestra.

Una vez conocidos los valores de "d" que aparecen en la muestra, se procede a realizar una búsqueda utilizando el método Hanawaltt el cual consiste en seleccionar los tres picos de mayor intensidad (I1, I2, I3) y buscar sus valores en la base de datos correspondiente y ver si coincide con algún compuesto patrón. Si los tres picos mayores coinciden, se buscan los picos que siguen en intensidad y se toman los que corresponden a compuesto identificado.

En caso que los picos (I1, I2, I3) no coincidan con ningún patrón se buscan nuevas combinaciones por ejemplo I1, I2, I4 ó I1, I3, I4 ó I2, I3, I4 y se procede de nuevo a la búsqueda hasta encontrar correspondencia con las sustancias patrón definidas en las bases de datos. Por lo general, en las muestras analizadas por difracción se encuentra mas de una fase cristalina por lo tanto, una vez identificado el primer compuesto se marcan los picos correspondientes y se procede a la identificación del siguiente compuesto tomando los picos restantes considerando siempre las intensidades de mayor a menor procediendo de la manera antes indicada y así sucesivamente.

El CIAN cuenta con el programa TRACES en versión demo, el cual es utilizado para realizar la parte del proceso de identificación de los valores de los compuestos, por lo cual de los gráficos antes mostrados se obtuvieron

por medio de este programa valores de los componentes del cementante predosificado, dichos valores se buscan en el manual de búsqueda de Hanawalt (figura 3.54) para conocer cuales son los nombres de estos compuestos, en la figura 3.55 se muestran cuales fueron algunos de los valores obtenidos de las graficas.

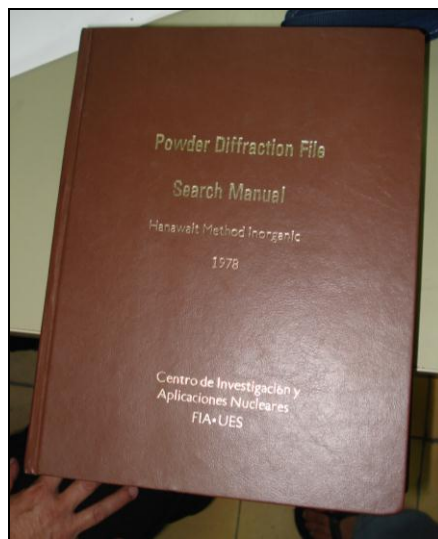


Figura 3.54 Manual de búsqueda de Hanawalt.

3.00 ₇	2.30 ₆	5.37 _x	3.39 ₄	2.42 ₄	6.20 ₃	5.94 ₃	2.60 ₂	Na ₃ (InCl ₆)
3.00 ₈	2.30 _x	2.10 _x	1.96 ₈	1.79 ₈	1.73 ₈	1.72 ₈	2.95 ₆	(Co ₂ As)O
3.00 _x	2.30 ₅	2.09 ₅	1.39 ₄	1.39 ₄	4.58 ₃	3.05 ₃	2.77 ₃	BaTi ₂ O ₅
3.04 _x	2.29 _x	3.53 _x	1.94 _x	2.19 ₅	1.41 ₅	4.55 ₁	1.67 ₁	KPF ₆
3.04 _x	2.29 ₂	2.10 ₂	1.91 ₂	1.88 ₂	2.50 ₁	3.86 ₁	1.60 ₁	CaCO ₃
3.00 ₄	2.29 ₄	3.55 _x	2.20 ₇	5.20 ₇	1.78 ₁	1.53 ₁	1.82 ₁	Rb ₃ WO ₃ F

Figura 3.55 Valores y compuesto obtenidos del manual de Hanawalt.

Con los datos obtenidos del manual se concluye en que los componentes del cementante predosificado son en un 70% la calcita y en un 30% el cuarzo. Es necesario aclarar que el equipo de difracción de rayos X lee solamente un compuesto si su concentración es mayor o igual al 5% en un material.

CAPITULO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO A LA
ARENA Y ENSAYOS AL MORTERO
DE DISEÑO CON CEMENTO
PORTLAND BLANCO ASTM C 150
TIPO I Y CAL.

4.1 INTRODUCCIÓN.

En la antigüedad los agregados se extraían de las rocas manualmente con picos y palas, pero en la actualidad las explotaciones utilizan moderna tecnología, e incluso grandes máquinas y explosivos. Los agregados se extraen de canteras situadas principalmente en laderas de montañas, graveras y/o areneras situadas en las riveras de los ríos. La materia prima explotada de las canteras y/o los ríos se transporta hacia las plantas de producción donde se trituran y clasifican de acuerdo a los tamaños requeridos, luego se lavan para garantizar su limpieza; finalmente se almacenan y transportan en camiones hasta llegar a las obras en las que se utilizan. Los agregados para la elaboración de morteros deben estar constituidos por partículas limpias, duras resistentes y durables, que desarrollen una buena adherencia con la pasta de cemento, libres de recubrimiento de arcilla y de impurezas que interfieran el desarrollo de la resistencia del cemento.

Para la elaboración de las pruebas a la arena se ha utilizado material triturado extraído del plantel Comalapa el cual es propiedad de Cementos de El Salvador, esta planta produce agregados de excelente calidad, los cuales con las pruebas que se realizaran se corroborara si estos cumplen con la norma ASTM C 33 para la calidad de los agregados. Esta planta se encuentra ubicada en kilómetro 40 ½" Carretera Antigua a Zacatecoluca, Departamento de La Paz.

En este capítulo se llevarán a cabo las pruebas a la arena que se utilizará para la elaboración de los diseños de morteros con cemento Portland blanco ASTM C 150 tipo I y cal, dichas pruebas serán realizadas de conformidad con las normas ASTM y los resultados serán comparadas con dichas normas.

También se realizarán los diseños de morteros en base a especificaciones de la norma ASTM C 270. Las pruebas a realizarse a la arena y a los morteros que se diseñen son las siguientes:

- ✓ Práctica para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo ASTM C-702.
- ✓ Determinación de impurezas orgánicas de los agregados finos para mortero ASTM C-40.
- ✓ Análisis Granulométrico y Cálculo del Módulo de finura ASTM C-136 y ASTM C 144-3 especificación estándar para agregados para morteros de albañilería.
- ✓ Gravedad específica y absorción de los agregados finos ASTM C-128.
- ✓ Contenido de humedad ASTM C-566.
- ✓ Trabajabilidad con la mesa de Fluidez ASTM C-109
- ✓ Resistencia a la compresión ASTM C-109
- ✓ Fraguado inicial y final de mortero ASTM C-403

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO A LA ARENA

4.1.1 PRÁCTICA PARA REDUCIR MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑOS DE ENSAYO ASTM C 702.

Las especificaciones para agregados requieren el muestreo de material para ensayo. Otros factores tales como muestras grandes tienden a ser más representativas de la muestra total. Esta práctica proporciona procedimientos para reducir la muestra total obtenida en el campo o producidas en el laboratorio al tamaño conveniente para realizar un número de ensayos para describir el material y medir su calidad de tal manera que la porción de la muestra mas pequeña sea representativa de la muestra total suministrada.

La falla en el seguimiento cuidadoso de los procedimientos en esta práctica puede resultar en suministrar una muestra no representativa que será usada en ensayos subsecuentes. Los métodos de pruebas individuales proporcionan una mínima cantidad de material a ser ensayado.

Los métodos de ensayo que la norma proporciona son:

- ✓ Método A (cuartero mecánico)
- ✓ Método B (cuarteo manual)
- ✓ Método C (apilado en miniatura)

Selección del método para agregado fino.

Reduzca el tamaño de las muestras de agregado fino que están en una condición saturada superficialmente seca (SSS) por un partidador mecánico de acuerdo al método A. reduzca el tamaño de las muestras que tengan humedad libre en la superficie de las partículas por cuarteo de acuerdo al método B, o tratado como un apilamiento miniatura, como se describe en el método C.

PROCEDIMIENTO.

Esta práctica describe tres métodos; el método A (Cuarteo mecánico), método B (Cuarteo Manual) y el método C (Apilamiento en Miniatura), para la reducción de muestras de agregado total obtenida en el campo a un tamaño apropiado para ser ensayado, para la realización de un número de ensayos que sirvan para describir el material y medir su calidad; de tal manera que la porción de la muestra más pequeña sea representativa de la muestra total. A continuación se describirán los 3 métodos pero es importante aclarar que el método utilizado en la investigación es el B (cuarteo manual).

MÉTODO A (Cuarteo mecánico).

Equipo

Partidor de muestras (figura 4.1): El partidor de muestras debe tener un número igual de conductos, pero no menos que un total de ocho para agregado grueso, o doce para agregado fino, el cual descarga

alternadamente a cada lado del partidor. Para agregado grueso y mezclas de agregado, el ancho mínimo del conducto individual será aproximadamente 50% mayor que el tamaño máximo de las partículas en la muestra a ser partida.

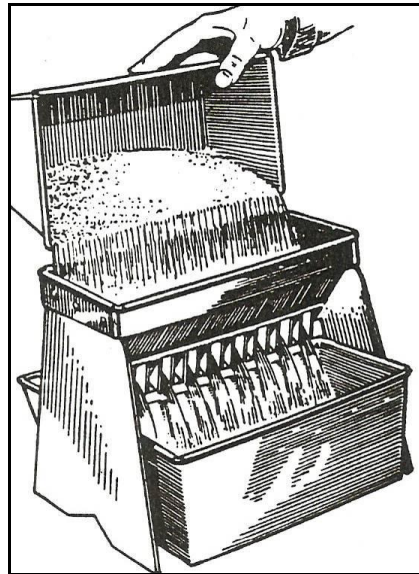


Figura 4.1 Partidor mecánico de 8 conductos.

Para agregado fino seco, en el cual la muestra entera pasa la malla de 9.5 mm (3/8"), un partidor teniendo conductos de 12.5 a 20 mm (1/2 a 3/4 ") de ancho deberán ser usados. El partidor estará equipado con dos receptáculos para recibir las dos mitades de la muestra después de partirla. También estará equipada con una tolva o cucharón de fondo recto el cual tiene un ancho igual o ligeramente menor que el ancho del conjunto de conductos, mediante el cual la muestra puede ser alimentada a una velocidad controlada.

Procedimiento.

Coloque la muestra original en la tolva o cucharón alimentador, distribuyéndola uniformemente en toda su longitud, para que cuando se introduzca en los conductos, aproximadamente igual cantidad fluya a través de cada conducto. La velocidad a la cual la muestra es introducida debe ser tal que permita un flujo continuo por los conductos hacia los receptáculos inferiores. Se vuelve a introducir la porción de la muestra de uno de los receptáculos en el partidor cuantas veces sea necesario para reducir la muestra al tamaño requerido para el ensayo. Reserve la porción de material recolectado en el otro receptáculo para reducción de tamaño en otras pruebas a desarrollar, cuando se requiera.

METODO B (Cuarteo manual)

Equipo.

El equipo consistirán de una regla, un cucharón fondo plano y borde recto, pala o cuchara de albañil, una escoba o brocha, y una lona de aproximadamente 2 x 2.5 m (6 x 8 pies).

Procedimiento

Coloque la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se produzca pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezcle el material completamente, traspaleando la muestra entera al menos tres veces. En el último traspaleo forme con la muestra una pila cónica, depositando cada palada en la parte superior de la pila (figura 4.2).

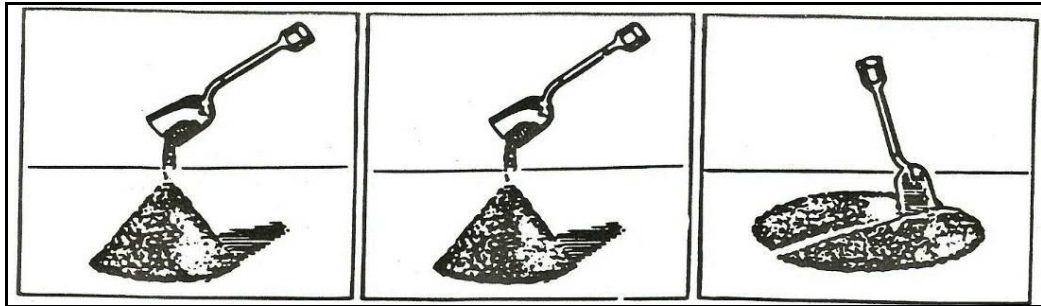


Figura 4.2 Mezclado de la arena.

Cuidadosamente aplane la pila cónica, presionando con una pala la parte superior del cono hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contenga el material que originalmente se encontraba en él. El diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Divida con una pala o cuchara, la masa aplanada, en cuatro partes iguales y remueva los cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, cepillando los espacios vacíos para limpiarlos (figura 4.3). Mezcle y cuartee sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido.

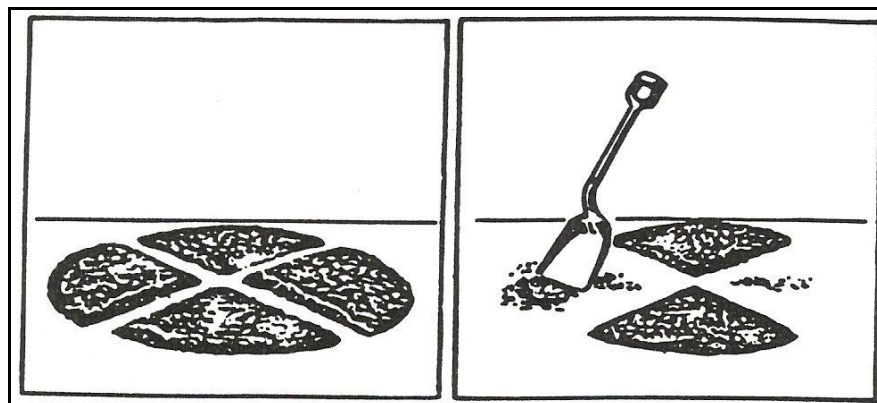


Figura 4.3 Remoción de los cuartos diagonalmente opuestos.

Como una alternativa al procedimiento descrito anteriormente, cuando el piso está irregular, la muestra de campo puede ser colocada en una lona y mezclarla con una pala o levantando alternadamente cada esquina de la lona y llevándola sobre la muestra hacia la esquina diagonalmente opuesta, provocando que el material se revuelva. Aplane y divida la muestra como de describió antes o si la superficie bajo la lona es irregular, introduzca una regla o tubo bajo la lona pasando por el centro de la pila y entonces levante ambos extremos del tubo dividiendo la muestra en dos partes iguales. Retire el tubo dejando un pliegue en la lona entre las porciones divididas. Introduzca nuevamente el tubo bajo el centro de la pila, en ángulo recto con la primera división y de nuevo levante ambos extremos del tubo, dividiendo la muestra en cuatro partes iguales. Remueva dos cuartos diagonalmente opuestos, siendo cuidadoso para limpiar los finos de la lona. Sucesivamente mezcle y cuartee el material remanente hasta que la muestra sea reducida al tamaño deseado.

METODO C (Apilado en miniatura)

Equipo.

El equipo consistirá de una regla, pala o cuchara para mezclar el agregado, un muestreador pequeño o cucharón pequeño o cuchara para muestreo.

Procedimiento.

Coloque la muestra original de agregado fino húmedo sobre una superficie dura, limpia y nivelada, donde no se produzca pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezcle el material completamente, traspaleando la muestra entera en al menos tres veces. En el último traspaleo forme con la muestra una pila cónica, depositando cada palada en la parte superior de la pila. Si se desea, aplane la pila cónica presionando con una pala la parte superior del cono hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contenga el material que originalmente se encontraba en él. Obtenga una muestra para cada ensayo seleccionando al menos cinco porciones de material localizados al azar del apilamiento miniatura, usando uno de los dispositivos muestreadores.

4.1.2 DETERMINACIÓN DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE LOS AGREGADOS FINOS PARA CONCRETO ASTM C 40.

La materia orgánica que se presenta en los agregados, especialmente en los finos consiste en tejidos animales y vegetales que están principalmente formados por carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en grandes cantidades afecta en forma nociva las propiedades del mortero o concreto, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de fraguado. Por esto es muy importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que ésta es perjudicial para el mortero. El ensayo más utilizado es el colorimétrico.

Este ensayo es realizado para la determinación preliminar de la aceptabilidad del agregado fino con respecto a los requerimientos de la Especificación ASTM C 33, en lo referente a la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en el agregado fino.

El valor principal de este método de ensayo es suministrar una precaución sobre que se pueden presentar cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Cuando una muestra sometida a un ensayo produce un color más oscuro que la solución de referencia, es prudente ejecutar este ensayo.

MATERIALES Y EQUIPO.

Botellas de vidrio: botellas graduadas de vidrio incoloro con una capacidad nominal de 350 o 470 ml, de sección transversal aproximadamente ovalada, equipada con tapón de hule o tapadera hermética, no reactiva con el reactivo especificado.

Reactivo: solución de hidróxido de sodio (3%), se disuelve 3 partes por masa de hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua.

El ensayo que se realizo se denomina ensayo colorimétrico y consiste en lo siguiente:

Muestra de ensayo:

La muestra de ensayo tendrá una masa de aproximadamente alrededor 450 gr (1 lb) y será tomada de la muestra grande en concordancia con la práctica ASTM C 702 explicada anteriormente.

PROCEDIMIENTO.

Llenar una botella de vidrio hasta el nivel de aproximadamente 130 ml (4 ½ onzas fluidas) con la muestra de agregado fino a ser ensayado.

Agregar la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen de agregado fino y líquido, indicado después de agitarse, sea aproximadamente de 200 ml (7 onzas fluidas). Tapar la botella y agitar vigorosamente y se deja reposar durante 24 horas.

En las figuras 4.4 se presenta la mezcla agitada de arena con la solución de hidróxido de sodio.



Figura 4.4 Mezcla de hidróxido de sodio con arena.

Procedimiento estándar por color de vidrio:

Luego de pasadas las 24 horas de reposo, se define el color del líquido de la muestra de ensayo mediante 5 vidrios de color estándar (carta de colores) (figura 4.5) para lo cual el material es aceptado si su color es igual o más claro que el color número 3.



Figura 4.5 Comparación de la carta de colores con la mezcla después de 24 horas.

Resultado:

Gracias a los resultados obtenidos en el ensayo colorimétrico, nos damos cuenta que el material esta libre de materia orgánica ya que el color es mucho más claro que el color estándar (numero 3) por lo cual su uso para la elaboración de morteros es aceptable.

4.1.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y CÁLCULO DEL MÓDULO DE FINURA ASTM C 136.

El análisis de tamices es utilizado para determinar la distribución de tamaños o gradación de cuatro agregados disponibles y conseguir la mejor combinación posible de acuerdo a las especificaciones del "American Society of Testing and Material" (ASTM). Estos cuatro agregados son arena de playa, arena de río, gravilla y piedra.

Los resultados son usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de las partículas con los requerimientos especificados aplicables,

y para proporcionar información necesaria para el control de la producción de varios productos, agregados y mezclas conteniendo agregados.

APARATOS.

BALANZAS: las balanzas y basculas utilizadas en el ensayo de agregado fino deben ser legibles y exactas, legibles a 0.1 g y exactitud de 0.1 g ó 0.1 % de la carga de prueba, la que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

MALLAS: el tejido de la malla deberá estar montado en marcos construidos sólidos de tal manera que prevengan la pérdida de material durante el tamizado (figura 4.6).



Figura 4.6 Mallas para ensayo de granulometría

AGITADOR DE MALLAS MECANICO: un dispositivo tamizador mecánico, deberá crear movimiento de las mallas para causar que las partículas salen,

volteen o de otra manera giren, como para presentar diferentes orientaciones a la superficie de la malla (figura 4.7).



Figura 4.7 Agitador de mallas mecánico.

HORNO: un horno de tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.

✚ MUESTREO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA.

El agregado es mezclado y reducido a una cantidad compatible con el ensayo, usando los procedimientos aplicables descritos en la norma ASTM C 702 descrita en este capítulo. Para agregado fino el tamaño de la muestra de ensayo, después de secado, será de 300 g mínimo.

✚ PROCEDIMIENTO.

- ✓ Seque la muestra a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- ✓ Seleccione las mallas con aberturas adecuadas para proveer la información requerida por la especificación, cubriendo el material a ser ensayado. Use mallas adicionales como se desee o sea necesario para

proveer otro tipo de información, tal como modulo de finura, o para regular la cantidad de material en una malla.

- ✓ El limite en la cantidad de material en una malla es tal que todas las partículas tengan oportunidad de alcanzar las aberturas de las mallas un número de veces durante la operación de tamizado. En la tabla 4.1 se muestran las cantidades permisibles de material retenido en cada malla.

Tamaño de abertura de malla, mm	Dimensiones nominales de la malla (mm)				
	203.2	254	304.8	350x350	372x580
	Área de tamizado, m ²				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	C	C	C	C	67.4
100	C	C	C	30.6	53.9
90	C	C	15.1	27.6	48.5
75	C	8.6	12.6	23	40.5
63	C	7.2	10.6	19.3	34
50	3.6	5.7	8.4	15.3	27
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.8	1.5	2.6

Tabla 4.1 Cantidad máxima admisible de material retenido en una malla, kg.

Tomada de norma ASTM C 136.

C: todo el material queda retenido en las mallas.

Para prevenir una sobrecarga de material en una malla individual se puede usar uno de los siguientes métodos.

- ✓ Usar mallas que tengan un tamaño de marco grande y provea un área de tamizado mayor.
- ✓ Inserte una malla adicional con tamaño de abertura intermedia entre la malla que puede ser sobrecargada y la malla inmediata superior del conjunto original de mallas.
- ✓ Se debe partir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combine la masa de las porciones retenidas en una malla específica.
- ✓ Continúe tamizando por un periodo suficiente y de tal manera que, después de completado, no mas del 1% por masa del material retenido en alguna malla individual pase esa malla durante 1 minuto de continuo tamizado manual.
- ✓ Cuando el tamizado de la masa total de la muestra este terminado, se deberán sumar las masas retenidas parciales de cada una de las mallas y esta se verificará con la masa inicial de la muestra. Si la cantidad difiere por más del 0.3% basado en la masa original de la muestra seca, el resultado no debe ser usado para propósitos de aceptación.

En la tabla 4.2 se presentan los límites del porcentaje que pase por cada malla según especificación ASTM C 144-3 (especificación estándar para agregados para morteros de albañilería).

Tamaño del tamiz		Porcentaje que pasa	
		Arena natural	Arena triturada
4.75 mm	No 4	100	100
2.36 mm	No 8	95 hasta 100	95 hasta 100
1.18 mm	No 16	70 hasta 100	70 hasta 100
600 µm	No 30	40 hasta 75	40 hasta 75
300 µm	No 50	10 hasta 35	20 hasta 40
150 µm	No 100	2 hasta 15	10 hasta 25
75 µm	No 200	0 hasta 5	0 hasta 10

Tabla 4.2 Límites de graduación para arena

Tomada de la norma ASTM C 144-3

Modulo de finura.

El módulo de finura denota la finura relativa de la arena, se define como una centésima de la suma de los por cientos retenidos acumulados hasta el tamiz No 100 en la prueba de tamices de la arena. Se utilizan seis tamices, el No 4, No 8, No 16, No 30, No 50 y el No 100. Mientras más pequeño sea el número del módulo de finura, más fina será la arena. Una arena que satisfaga las especificaciones del ASTM debe tener valores entre 2.3 y 3.1.

La forma para el calculo del modulo de finura se muestra a continuación en la tabla 4.3.

Tamiz No	Peso retenido	Por ciento retenido *	Retenido acumulado	Por ciento pasando
4	A	$A/I * 100 = J$	J	100-J
8	B	$B/I * 100 = K$	$J+K = R$	100-R
16	C	$C/I * 100 = L$	$R+L = S$	100-S
30	D	$D/I * 100 = M$	$M+S = T$	100-T
50	E	$E/I * 100 = N$	$T+N = U$	100-U
100	F	$F/I * 100 = O$	$O+U = V$	100-V
200	G	$G/I * 100 = P$	$V+P = W$	100-W
Bandeja	H	$H/I * 100 = Q$	$W+Q = X$	100-X
	$\Sigma = I$	$\Sigma = 100$		

Tabla N° 4.3 Cálculo del modulo de finura

Tomada de manual de laboratorio de ingeniería civil.

Modulo de finura = Σ % retenido acumulado (hasta el tamiz No 100) / 100

Modulo de finura = $J+R+S+T+U+V / 100$

* El por ciento retenido en cualquier tamiz no debe sobrepasar de 45%.

Los agregados deberán ser secados en horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C hasta obtener peso constante de la muestra.

El tamaño de la muestra de ensayo para el agregado fino, después de secado debe ser mayor o igual a 300 g. Las mallas que son ocupadas para él cálculo del módulo de finura en el agregado fino se presentan a continuación en la tabla 4.4.

Mallas utilizadas para el Cálculo del Módulo de Finura	
150 μm	No 100
300 μm	No 50
600 μm	No 30
1.18 mm	No 16
2.36 mm	No 8
4.75 mm	No 4

Tabla 4.4 Mallas Utilizadas para el Cálculo del Módulo de Finura.

Tomada de norma ASTM C-136

CÁLCULOS.

Calcule los porcentajes pasando, porcentaje total retenido o porcentajes en varios tamaños de fracciones para el cercano 0.1% con base en la masa total de la muestra seca inicial.

Calcule el modulo de finura, cuando sea requerido, por adición del porcentaje total de material en la muestra que es más gruesa que cada una de las siguientes mallas (porcentaje retenido acumulado) y divida la suma por 100: 150 μm (N° 100), 300 μm (N° 50), 600 μm (N° 30), 1.18 mm (N° 16), 2.36 mm (N° 8), 4.75 mm (N° 4), 9.5 mm (3/8 pul), y mayores , incrementando en la relación de 2 a 1.

RESULTADOS.

A continuación se muestran en la tabla 4.5 y en la figura 4.8 los resultados de la prueba de granulometría, y también el calculo del modulo de finura de la arena con que se trabajo.

ANALISIS GRANULOMETRICO				
ASTM C 136				
Tipo de muestra:		Agregado fino (arena)		
Fecha de muestro:		24 de septiembre 2007		
Fecha de ensayo:		25 de septiembre 2007		
Responsables:		Denny Ayala		
Procedencia del material:		Plantel Jiboa (Comalapa)		
Masa Tara= 125.4 g		Masa Tara + Muestra= 475.4 g		Masa de Muestra= 350 g
Malla	M. Retenida Parcial (g)	Masa Retenida (%)	Retenido Acumulado (%)	Que pasa la malla (%)
No.4	0.00	0.00	0.00	100.0
No.8	10.50	3.00	3.00	97.0
No.16	65.70	18.77	21.77	78.2
No.30	98.70	28.20	49.97	50.0
No.50	78.50	22.43	72.40	27.6
No.100	45.60	13.03	85.43	14.6
No.200	24.50	7.00	92.43	7.6
FONDO	26.50	7.57	100.00	0.0
SUMAS	350.00	100.00		

Tabla 4.5 Análisis granulométrico de agregado fino

CURVA GRANULOMETRICA

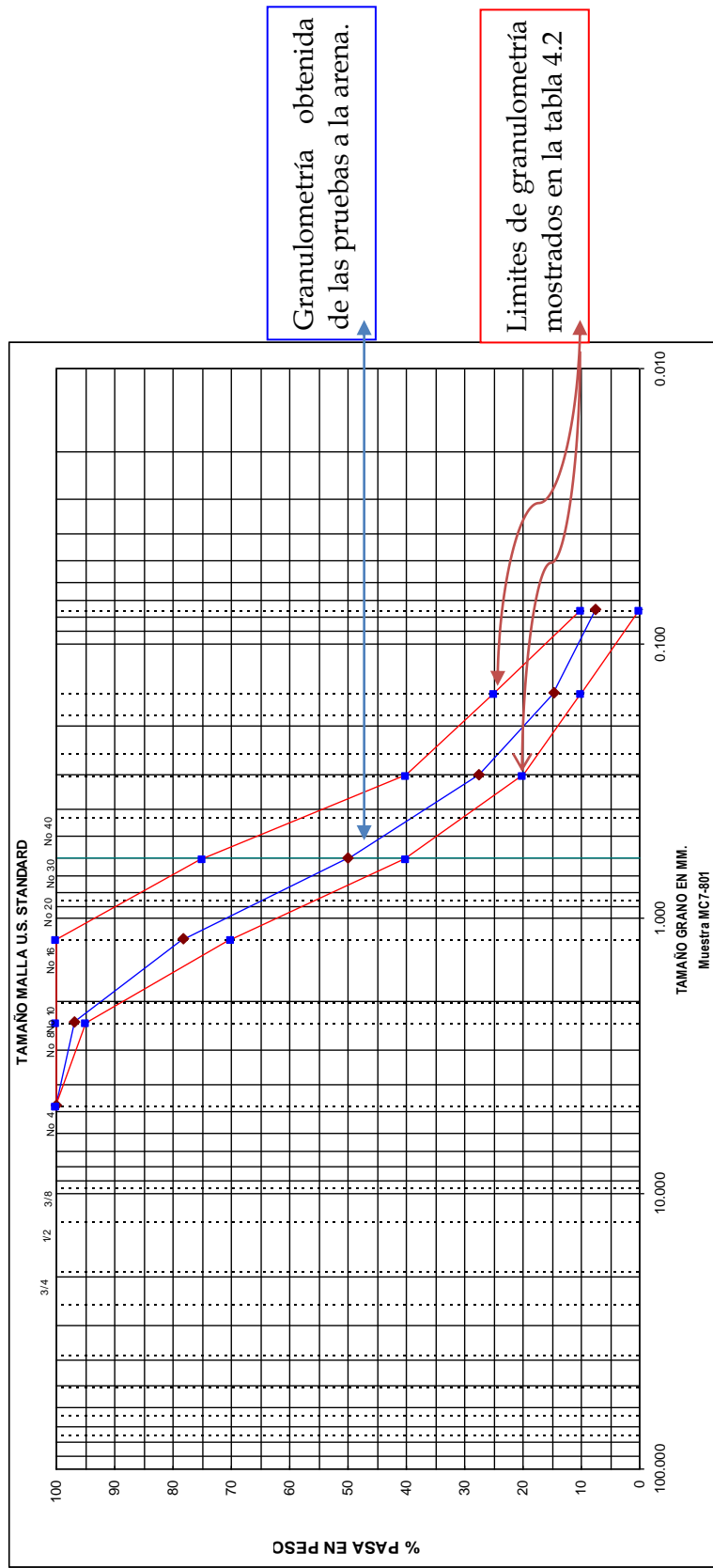


Figura 4.8 Curva granulométrica del agregado

Modulo de finura= Σ % retenido acumulado (hasta el tamiz No 100) / 100

Modulo de finura= $0+ 3+21.77+ 49.97+ 72.40+ 85.43 / 100$

Modulo de finura= 2.32

Como se puede observar el resultado del análisis granulométrico ha sido satisfactorio ya que está dentro de los límites que exige la norma ASTM C 144-3 para su aceptación, por lo tanto el agregado fino puede ser utilizado para la elaboración de los morteros que vayamos a diseñar.

4.1.4 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C 128.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo de volumen ocupado por el agregado en varias mezclas.

La densidad relativa también es usada en el cálculo de vacíos en los agregados. La densidad relativa (gravedad específica SSS) es usada en la determinación de la humedad superficial del agregado por desplazamiento de agua.

La densidad aparente y densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) pertenece al material sólido de partículas constituyentes no incluyendo el espacio de poros con las partículas que es accesible al agua.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un material agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro con las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando es

considerado que el agregado ha estado en contacto con agua por un periodo suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

APARATOS.

BALANZA O BASCULA: que tenga una capacidad de 1 kg o más, sensibilidad a 0.1 g o menos y precisión de 0.1% de la carga de ensayo en algún punto con el rango de uso para este método de ensayo.

PICNOMETRO: un frasco u otro recipiente compatible en el cual la muestra de ensayo de agregado fino puede ser fácilmente introducida y en el cual el volumen contenido puede ser reproducido con $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.

MOLDE Y PÍSÓN: para ensayo de humedad superficial. El molde será de la forma de un cono truncado con las dimensiones siguientes: 40 ± 3 mm en el borde superior, 90 ± 3 mm de diámetro interno en la base y 75 ± 3 mm de altura, con el metal teniendo un espesor mínimo de 0.8 m. el pisón tendrá una masa de 340 ± 15 g y una cara golpeadora circular y plana de 25 ± 3 mm de diámetro.

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN DE ENSAYO.

Seque el espécimen de ensayo en un recipiente adecuado o vasija para masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C permítale enfriar a una temperatura de manejo confortable, cubra con agua ya sea por inmersión o por adición de al menos 6% de humedad al agregado fino y permita reposar por 24 ± 4 horas (figura 4.9).



Figura 4.9 Muestra sumergida por 24 horas.

PROCEDIMIENTO.

El procedimiento para realizar esta prueba es el siguiente: La muestra es secada al aire hasta llegar a la condición saturado superficialmente seco (SSS), la cual es comprobada por el llenado de un molde en forma de cono truncado con parte de la muestra, y esta deberá ser apisonada dentro del molde con 25 golpes ligeros por medio de un pisón, cuando el agregado se desmorone después de remover el molde, es allí donde se habrá obtenido la condición deseada para este ensayo. Teniendo la masa del picnómetro aforado ó lleno totalmente, se procede a pesar una masa de 500 ± 10 g de agregado fino para el ensayo, el cual será introducido en el picnómetro vacío y luego se llenará con agua hasta alcanzar aproximadamente el 90% de la capacidad del frasco y de ésta manera determinar la gravedad específica del agregado. Manualmente agite, ruede e invierta el frasco o picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire (normalmente al utilizar métodos manuales se requieren de 15 a 20 minutos para eliminar en su totalidad las burbujas de aire) se puede sumergir la esquina de una toalla de papel dentro del picnómetro para dispersar la espuma que a veces se forma cuando se

eliminan las burbujas de aire. En la figura 4.10 se muestra el equipo utilizado en el ensayo para la determinación de la gravedad específica.



Figura 4.10 Equipo para realización de ensayo de gravedad específica y absorción.

✚ CALCULOS.

Símbolos:

A = masa del espécimen secado al horno g

B = masa del picnómetro lleno de agua a la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro lleno con el espécimen y agua a la marca de calibración, g

S = masa del espécimen SSS (usado en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravedad específica), o para absorción con ambos procedimientos), g

Densidad Relativa (Gravedad Específica) (Secada al Horno): calcule la densidad relativa (gravedad específica) en la base de agregado secado al horno así:

Procedimiento Gravimétrico:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH) = $A / (B + S - C)$

Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS): Calcule la densidad relativa (gravedad específica) en la base de agregado saturado y superficialmente seco, como sigue:

Procedimiento Gravimétrico:

Densidad Relativa (gravedad específica) (SSS) = $S / (B + S - C)$

Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente): Calcule la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) como sigue:

Procedimiento Gravimétrico:

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) = $A / (B + A - C)$

Absorción (%)= $100[(S-A)/A]$

RESULTADOS

La tabla 4.6 muestra los resultados de la prueba de gravedad específica y absorción del agregado fino que se utilizara para la elaboración de las mezclas de mortero.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADOS FINOS			
ASTM C-128			
MUESTRA:	agregado Fino		
F. DE MUESTREO:	3 de Octubre de 2007		
F. DE ENSAYO:	4 de Octubre de 2007		
RESPONSABLES:	Denny Ayala		
<i>MUESTRA No: 1</i>		<i>MUESTRA No: 2</i>	
MASA TARA (g):	187.1	MASA TARA (g):	197.5
B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1444.9	B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1444.9
C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1746.7	C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1748.9
A PESO SECO DE LA MUESTRA (g):	479.2	A PESO SECO DE LA MUESTRA (g):	480.1
S MASA DE LA MUESTRA SSS (g):	500	S MASA DE LA MUESTRA SSS (g):	500
AGUA (g):	20.8	AGUA (g):	19.9
ABSORCION, (%)	4.34	ABSORCION, (%)	4.14
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.42	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.45
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.52	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.55
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2.43	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2.54
ABSORCION PROMEDIO, (%)			4.24

Tabla 4.6 Resultados de gravedad específica y absorción.

4.1.5 CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO POR SECADO ASTM C 566.

En los agregados existen poros, los cuales se encuentran en la superficie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- ✓ Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.
- ✓ Saturado y Superficialmente seco. (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- ✓ Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

También existe la Humedad Libre donde esta se refiere a la película superficial de agua que rodea el agregado; la humedad libre es igual a la diferencia entre la humedad total y la absorción del agregado, donde la humedad total es aquella que se define como la cantidad total que posee un

agregado. Cuando la humedad libre es positiva se dice que el agregado está aportando agua a la mezcla, para el diseño de mezclas es importante saber esta propiedad; y cuando la humedad es negativa se dice que el agregado está quitando agua a la mezcla.

APARATOS.

BALANZA: Una balanza o bascula exacta, legible y sensitiva con 0.1 % de la carga de ensayo en cualquier punto con el rango de uso. Dentro de un intervalo igual al 10 % de la capacidad del dispositivo pesado, la indicación de carga deberá tener una exactitud con 0.1 % de la diferencia en peso.

FUENTE DE CALOR: Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura de la muestra a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Donde el control cerrado de la temperatura no sea requerido, pueden ser usadas otras fuentes compatibles de calor tales como cocina ("hot plate") eléctrica o de gas, lámparas eléctricas u hornos de microondas.

RECIPIENTE PARA LA MUESTRA: Un recipiente que no sea afectado por el calor, y de suficiente volumen para contener la muestra sin peligro de derrame y de tal forma que la altura de la muestra no exceda la quinta parte de la menor dimensión lateral.

AGITADOR: Una cuchara metálica o espátula de tamaño conveniente.

MUESTREO

Asegúrese que el contenido de humedad de la muestra de agregado a ensayar sea representativo de la que tiene el material en el sitio, teniendo una masa no menos que la cantidad listada en la Tabla 4.7 Proteja la muestra contra la pérdida de humedad antes de determinar la masa.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado mm (pulg.)	Masa de Peso Normal Muestra de Agregado, min. Kg.
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 ½)	6
50 (2)	8
63 (2 ½)	10
75 (3)	13
90 (3 ½)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

Tabla 4.7 Cantidades de material a ensayar dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado.

CALCULOS.

Calcule el contenido de humedad total como sigue:

$$P=100 (W-D)/D$$

Donde:

P= Humedad

W= masa de la muestra original (g).

D= masa de la muestra seca (g).

PROCEDIMIENTO.

En este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que esta químicamente combinada con los minerales en el agregado. Dicha agua no es evaporable y no esta incluida en el porcentaje determinado por este método de ensayo.

Primero se determina la masa en estado húmedo y es colocada en un horno (figura 4.11) que es capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener masa constante, con lo cual se asegura que el agregado esta completamente seco, se toma nuevamente el peso para determinar de ésta manera el contenido de agua de la muestra. Si se usa una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada, pueden usarse fuentes compatibles de calor como cocina eléctrica o de gas, lámparas eléctricas y hornos microondas (cuando se use un horno microondas a veces existe presencia de minerales en los agregados los cuales pueden causar que el material se sobre caliente y explote, si esto ocurre se puede dañar el horno de microondas). Un método utilizado en campo para obtener humedades en menor tiempo, es el de colocar una muestra en una cocina para determinar su contenido de humedad.

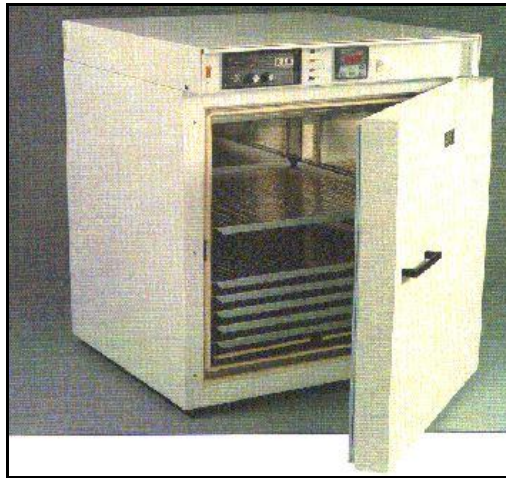


Figura 4.11 Determinación de la Humedad de los Agregados por medio de horno.

RESULTADOS.

Masa de la muestra original (g).	Masa de la muestra seca (g).	Humedad (%)
500	464.5	7.64
500	461.6	8.32
500	468.4	6.75
500	462.3	8.16
PROMEDIO		7.72

Tabla 4.8 Resultados de los ensayos de humedad.

En la tabla 4.8 se obtuvo que la humedad promedio que presentaba la muestra al inicio de las pruebas era de 7.7%, pero este resultado no quiere decir que será constante a lo largo de todas las pruebas que se han realizado, debido a las condiciones ambientales que pueden variar, por lo cual, se recomienda que este ensayo se realice frecuentemente para conocer así la variaciones en humedad que se puedan tener.

4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO AL MORTERO.

4.2.1 TRABAJABILIDAD CON LA MESA DE FLUIDEZ ASTM C 109.

Para la prueba de mesa de fluidez se utilizo la norma ASTM C 109 “Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico” el cual se ha descrito el procedimiento en el capítulo anterior.

Se realizaron 3 diseños de mortero tipo N, para los cuales se utilizo la norma ASTM C 270 la cual nos muestra las cantidades de materiales necesarias para elaborar este mortero. En este ensayo los que se pretende encontrar es la cantidad de agua necesaria para alcanzar una fluidez de 110 ± 5 %, se debe tener especial cuidado en controlar las condiciones ambientales para evitar una pérdida rápida de humedad en los agregados. En la tabla 4.9 se muestra la tabla proporcionada por la norma ASTM C 270.

Tipo de mortero	Proporciones en volumen (materiales cementantes)		Cantidad de agregado fino medidos en condición húmeda y suela.
	cemento	cal	
M	1	$\frac{1}{4}$	No menos de $2 \frac{1}{4}$ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.
S	1	De $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	
N	1	De $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{4}$	
O	1	De $1 \frac{1}{4}$ a $2 \frac{1}{2}$	

Tabla 4.9 Especificación por proporción ASTM C 270.

RESULTADOS.

Los criterios para la elaboración de los 3 diseños de morteros están basados en la tabla N° 4.10, la cual es proporcionada por la norma ASTM C 270 para conocer la cantidad de materiales a utilizar dependiendo del mortero que se quiera diseñar:

Especificación por proporción ASTM C 270			
TIPO DE MORTERO	Proporción por volumen		Total de arena en condición húmeda y suelta.
	Cemento	Cal	
M	1	¼	No menos de 2 ¼ y no mas de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.
S	1	De ¼ hasta ½	
N	1	De ½ hasta 1 ¼	
O	1	De 1 ¼ hasta 2 ½	

Tabla N° 4.10, Cantidad de materiales a utilizar para realizar diseños de morteros.

Como se puede observar en la tabla N° 4.10 la cantidad de cemento es constante para cualquier tipo de mortero que se quiera diseñar, caso contrario para la cal y la arena en los cuales se nos presentan rangos de aceptación. En nuestro caso el mortero a diseñar será un mortero tipo N por lo que se decidió en el caso de la arena, tomar el valor promedio de la suma de los volúmenes proporcionados en la tabla 4.10, es decir:

$$\text{Arena} = (2.25 + 3) / 2$$

Arena= 2.63

Este es el volumen de arena que se estará ocupando para cada diseño de mortero, este valor será constante. En el caso de la cal se tomo la decisión

de tomar los extremos de los valores antes proporcionados, y también el valor promedio de estos dos, es decir que para el primer diseño de mortero, el valor de la cal será el mínimo el cual es igual a $\frac{1}{2}$, para el segundo diseño el valor de la cal será el promedio del valor mínimo mas el valor máximo, es decir: $(\frac{1}{2} + 1 \frac{1}{4})$, lo cual nos da un valor de 0.88. El valor para el tercer diseño es el valor máximo de cal el cual es de $1 \frac{1}{4}$.

A continuación se realizara el diseño N° 1 de mortero, el cual es el mortero con el contenido mínimo de cal, en la tabla N° 4.11 se dan a conocer las relaciones para encontrar la cantidad de materiales que se necesitan para este diseño:

Diseño N° 1: Mortero elaborado con el mínimo de cal.

Cemento	Cal	Arena
1	$\frac{1}{2}$	2.63

[Tabla 4.11 Diseño de mortero con mínimo de cal.](#)

Para conocer las cantidades de materiales que iban a ser necesarios para la realización de los 9 cubos para el ensayo a compresión se consideraron los datos proporcionados por la norma ASTM C 109 con la salvedad que la arena con que ellos han trabajado es arena de Ottawa la cual no contiene humedad y en cambio la nuestra si.

	Numero de especimenes	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035

Tabla 4.12 Cantidad de materiales a ser mezclados en una bachada

Es necesario aclarar también que estos datos solo se tomaron como base de partida, esto no significa que necesariamente se tengan que tomar estos valores, en nuestro caso se tomaron valores mayores a los presentados en la tabla 4.12, en función de que no nos fuera a faltar material y tener que dejar la prueba a medias y tener que hacerla nuevamente. Pero estos valores fueron de gran ayuda para proporcionar nuestro mortero.

Debido a que en la tabla 4.12 no se toma en cuenta el peso de la cal, lo que se hizo fue tomar como base un peso de cemento de 560 g, y ya que la relación de cal con respecto al cemento es de $\frac{1}{2}$ entonces se calculo la cantidad de cal, siendo esta la mitad del peso del cemento, es decir 280 g.

A continuación se presenta en la tabla 4.13 la cantidad de materiales para la primera prueba del ensayo de fluidez para el mortero con el contenido mínimo de cal.

Prueba N° 1.

Cemento, g	Cal, g (relación ½)	Arena, g
560	280	2209.2

Tabla N° 4.13 Cantidad de materiales para realizar 9 cubos de mortero.

Con las cantidades antes mostradas se tomaron experiencias anteriores y se llego a la conclusión que se empezara con una relación de a/c de 0.6 por lo cual la cantidad de agua necesaria para esta prueba es de 504 ml y luego de realizada la prueba N° 1, se encontró los siguientes datos de fluidez mostrados en la tabla 4.14.

T° Agua= 23.6 °C	
T° ambiente= 24°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	28
Lectura 2	28
Lectura 3	28
Lectura 4	27.5
Fluidez (%)=	111.5

Tabla N° 4.14 Resultados de la primera prueba de fluidez.

Luego de realizada la prueba podemos observar que la fluidez cumple con los requisitos de la norma ASTM C 109 por lo cual seria aceptable esta mezcla, pero para corroborar este resultado se procedió a realizar

nuevamente la prueba con la misma cantidad de materiales y el resultado es el mostrado en la tabla 4.15.

Prueba N° 2.

T° Agua= 25 °C	
T° ambiente= 25°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	27
Lectura 2	26
Lectura 3	27.5
Lectura 4	27
Fluidez (%)=	107.5

Tabla N° 4.15 Resultados de la segunda prueba de fluidez.

Debido a los resultados satisfactorios de las dos pruebas, se concluye en que la relación $a/c= 0.6$ es satisfactoria y el diseño de la primera mezcla de mortero se muestra en la tabla 4.16.

Cemento, g	Cal, g	Arena, g	Agua, ml	Relación $a/(c+cal)$
560	280	2209.2	504	0.60

Tabla 4.16 Cantidad de materiales del primer diseño de mezcla de mortero.

Diseño N° 2: Mortero elaborado con el valor medio de cal.

A continuación se realizara el diseño N° 2 de mortero, para el cual se presentan las relaciones de materiales en la tabla N° 4.17.

Cemento	Cal	Arena
1	7/8	2.63

Tabla 4.17 Diseño de mortero con valor medio de cal.

De igual manera que para el primer diseño, se calculo la cantidad de cal para este mortero, el cual la relación de cal con respecto al cemento es de 7/8, la cantidad de cemento que se utilizara es de 475 g, de acá que la cantidad de cal será igual a, 475 por 7/8, esto nos da un resultado igual a 418 g de cal (tabla 4.18).

Prueba N° 1.

Cemento, g	Cal, g (relación 7/8)	Arena, g
475	418	2348.59

Tabla N° 4.18 Cantidad de materiales para elaborar 9 cubos de mortero.

Debido a que la cantidad de cal es mayor que la del primer diseño se empezó con una relación mayor de a/c mayor, igual a 0.61, los resultados se muestran en la tabla 4.19.

T° Agua= 25 °C	
T° ambiente= 25°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	27.5
Lectura 2	27
Lectura 3	28.5
Lectura 4	28
Fluidez (%) =	111

Tabla N° 4.19 Resultados de la primera prueba de fluidez.

El resultado obtenido cae dentro del rango de 110 ± 5 % por lo cual el resultado de la prueba es satisfactoria y se realizó otro ensayo para corroborar (tabla 4.20).

Prueba N° 2.

T° Agua= 25 °C	
T° ambiente= 25°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	28
Lectura 2	28
Lectura 3	28.5
Lectura 4	29
Fluidez (%) =	113.5

Tabla N° 4.20 Resultados de la segunda prueba de fluidez.

Con las pruebas finalizadas y con los resultados satisfactorios el segundo diseño de mezcla es el que se presenta en la tabla 4.21.

Cemento, g	Cal, g	Arena, g	Agua, ml.	Relación a/(c+cal)
475	418	2348.59	507	0.61

Tabla 4.21 Cantidad de materiales para elaborar 9 cubos de mortero.

Diseño N° 3: Mortero elaborado con el valor máximo de cal.

A continuación se presentan en la tabla 4.22 las relaciones de los materiales para encontrar la cantidad de cada uno de ellos.

Cemento	Cal	Arena
1	1 ¼	2.63

Tabla 4.22 Diseño de mortero con valor medio de cal.

Para encontrar la cantidad de cal para el tercer diseño de mezcla que es el que contiene mayor cantidad de esta, se tomo como base una cantidad de cemento de 370 g, el cual se multiplico por la relación de cal que es de 1 ¼, obteniendo así un valor de cal igual a 462.5 g (tabla 4.23).

Prueba N° 1.

Cemento, g	Cal, g (relación 1 ¼)	Arena, g
370	462.5	2189.5

Tabla N° 4.23 Cantidad de materiales para elaborar 9 cubos de mortero.

Para este ensayo se aumento la relación a/c debido a la mayor cantidad de cal por lo cual la relación a /c es de 0.67. Los resultados del ensayo se muestran en la tabla 4.24.

T° Agua= 22.9 °C	
T° ambiente= 24°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	27.5
Lectura 2	27
Lectura 3	28.5
Lectura 4	28
Fluidez (%) =	111

Tabla N° 4.24 Resultados de la primera prueba de fluidez.

La fluidez que se obtuvo esta dentro de los parámetros de la norma ASTM C 109, pero para tener una seguridad de este resultado se llevo a cabo una segunda prueba, la cual los resultados se muestran en la tabla 4.25.

Prueba N° 2.

T° Agua= 22.9 °C	
T° ambiente= 24°C	
LECTURAS	Dm= Diámetro del mortero (mm)
Lectura 1	27
Lectura 2	28
Lectura 3	28.5
Lectura 4	27
Fluidez (%) =	110.5

Tabla N° 4.25 Resultados de la segunda prueba de fluidez.

Con los resultados satisfactorios que se obtuvieron ya se tienen los diseños de las 3 mezclas, para lo cual el tercer diseño es el que se muestra en la tabla 4.26.

Cemento, g	Cal, g	Arena, g	Agua, ml.
370	462.5	2189.5	557.8

Tabla 4.26 Cantidad de materiales para elaborar 9 cubos de mortero.

4.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 109.

El procedimiento para la elaboración de las mezclas fue descrito en el capítulo anterior por lo cual se omitirán algunos pasos.

Para los especímenes de prueba a compresión se utilizaron moldes para cubos de 5 cm (ASTM C 109), los cuales fueron llenados sin utilizar ningún

método de vibrado de tal manera que los cubos fueron llenados en 2 capas, la primera con una altura de aproximadamente 1 pul, se golpeo el mortero en cada compartimiento de cubo 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 rondas (figura 4.12).



Figura 4.12 Llenado de cubos con mortero.

En total se realizaron 9 especímenes para cada mezcla de diseño a edades de prueba de 3, 7 y 28 días, bajo la especificación de la norma ASTM C 109. Todos los cubos fueron desmoldados a las 24 horas después de haber sido elaborados, y posteriormente fueron inmersos en agua y se dejaron en pilas de curado hasta cumplir la edad establecida para su ensayo.

Los resultados de las pruebas a compresión de los 3 diseños de mezcla se presentan a continuación en las tablas 4.27, 4.28 y 4.29 y en las figuras 4.13, 4.14 y 4.15.

Muestra N°	Edad (días)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Carga kg	Resistencia Mpa	Pesos (g)
1	3	5.1	5.1	3840	147.6	276.5
2	3	5.1	5.1	3850	148.0	275.4
3	3	5.1	5.1	3840	147.6	276.3
Promedio de Resistencias=					147.8	
4	7	5.1	5.1	6590	253.4	277.5
	7	5.1	5.1	6520	250.7	276.3
6	7	5.1	5.1	6900	265.3	277.1
Promedio de Resistencias=					256.4	
7	28	5.1	5.1	8340	320.6	275.4
8	28	5.1	5.1	8400	322.9	276.3
	28	5.1	5.1	8310	319.5	276.5
Promedio de Resistencias=					321.0	

Tabla 4.27 Resultados de ensayos de resistencia a compresión, mezcla con relación de ½ de cal y con relación de $a/(c+cal) = 0.60$.

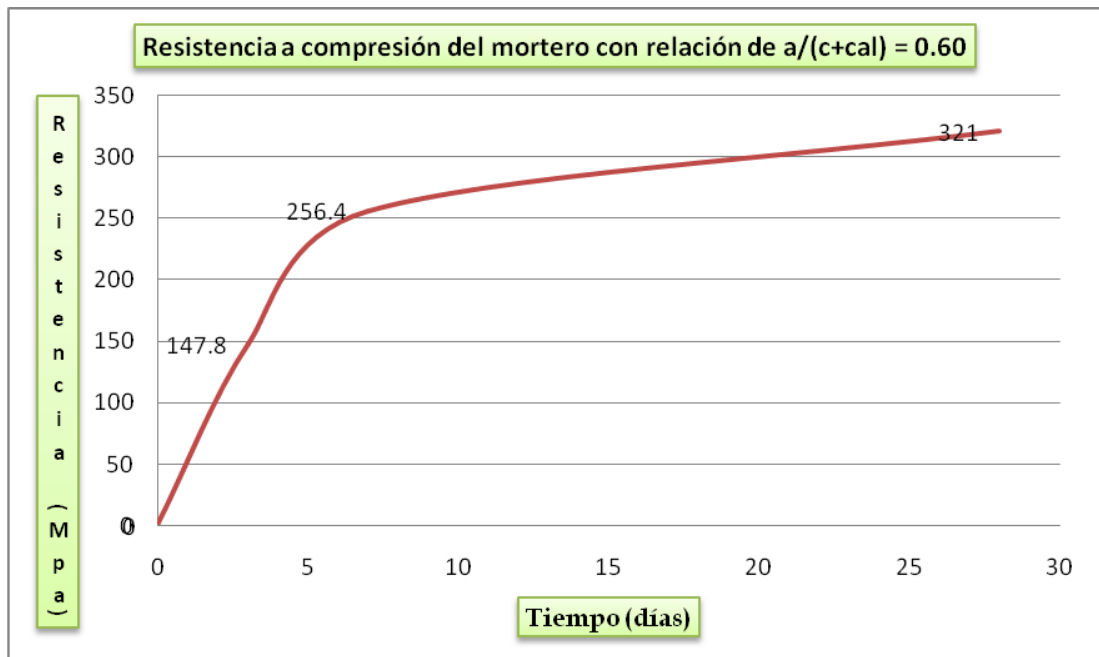


Figura 4.13 Resistencia a compresión del mortero con el contenido mínimo de cal.

Muestra N°	Edad (días)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Carga Kg	Resistencia	Pesos
1	3	5.1	5.1	2880	110.7	276.2
2	3	5.1	5.1	2940	113.0	275.1
3	3	5.1	5.1	2710	104.2	274.7
Promedio de Resistencias=					109.3	
4	7	5.1	5.1	3465	133.2	275.4
5	7	5.1	5.1	3500	134.6	274.8
6	7	5.1	5.1	3476	133.6	276.3
Promedio de Resistencias=					133.8	
7	28	5.1	5.1	5750	221.1	275.5
8	28	5.1	5.1	5890	226.5	275.2
9	28	5.1	5.1	5750	221.1	276.2
Promedio de Resistencias=					222.9	

Tabla 4.28 Resultados de ensayos de resistencia a compresión, mezcla con relación de 7 de cal y con relación de $a/(c+cal) = 0.61$.

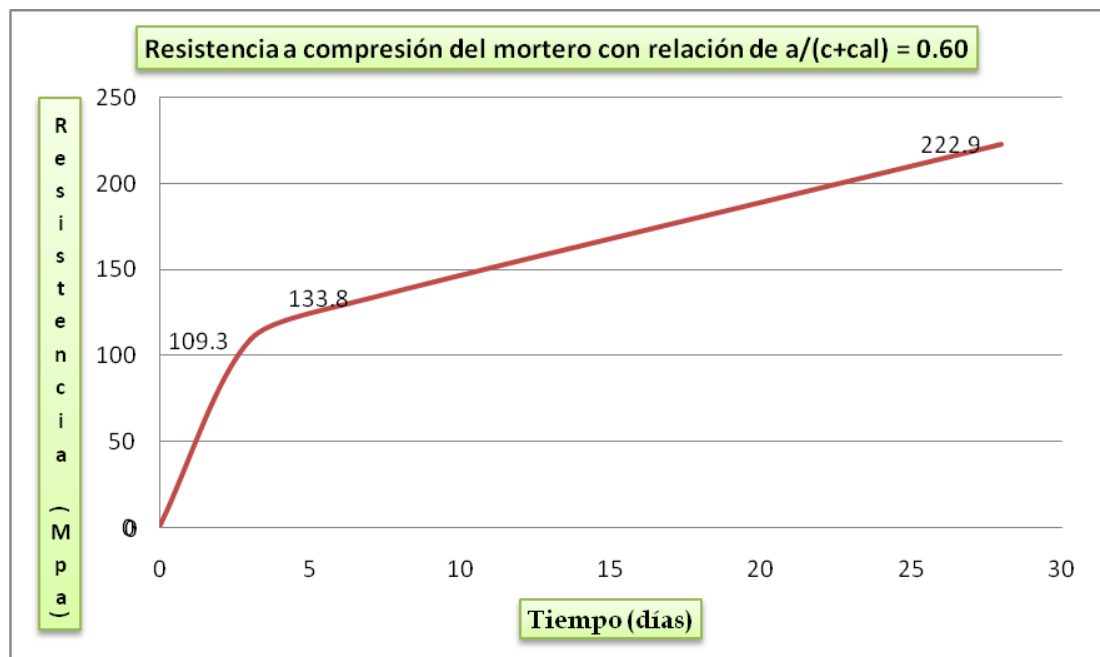


Figura 4.14 Resistencia a compresión del mortero con el contenido medio de cal.

Muestra N°	Edad (días)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Carga Kg	Resistencia Kg/cm ²	Pesos (g)
1	3	5.1	5.1	1200	46.1	272.9
2	3	5.1	5.1	1180	45.4	270.2
3	3	5.1	5.1	1180	45.4	271.6
Promedio de Resistencias=					45.6	
4	7	5.1	5.1	1770	68.1	272
5	7	5.1	5.1	1720	66.1	271.3
6	7	5.1	5.1	1750	67.3	271.2
Promedio de Resistencias=					67.2	
7	28	5.1	5.1	3040	116.9	274.6
8	28	5.1	5.1	3090	118.8	271.2
9	28	5.1	5.1	2970	114.2	272.2
Promedio de Resistencias=					116.6	

Tabla 4.29 Resultados de ensayos de resistencia a compresión, mezcla con relación de 1 ¼ de cal y con relación de $a/(c+cal) = 0.67$.

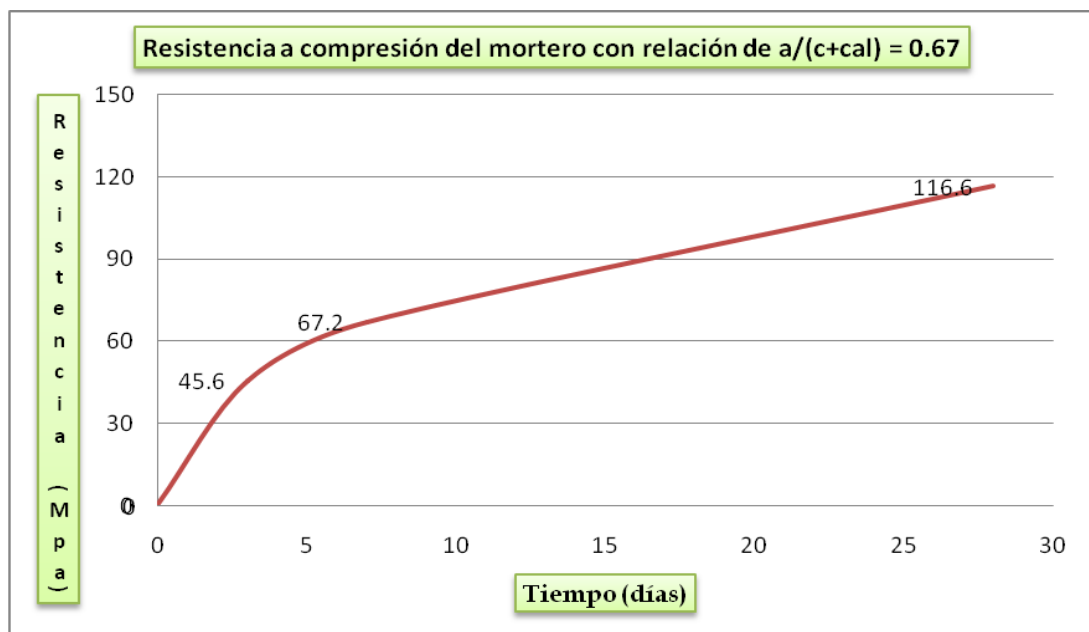


Figura 4.15 Resistencia a compresión del mortero con el contenido máximo de cal.

Los valores mínimos de compresión a 28 días que un mortero tipo N debe cumplir es de 52 kg/cm^2 y como hemos podido constatar con los resultados este valor es sobrepasado por cada uno de los diseños que se hicieron por lo tanto, los resultados son satisfactorios y podemos entonces utilizar estos morteros para realizar los repellos en campo.

4.2.3 FRAGUADO INICIAL Y FINAL DEL MORTERO ASTM C 403

En cuanto al fraguado del mortero se utilizó la norma ASTM C 403 “Tiempo de Fraguado de mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración”; como el ensayo lo especifica se utilizaron agujas de penetración de diferentes áreas de contacto; las cuales son introducidas en el mortero a medida este va fraguando en el tiempo, y se toma la lectura de carga, con lo que se obtiene el esfuerzo de penetración. La especificación sugiere una lectura de fraguado inicial a los 500 PSI y el fraguado final a los 4000 PSI, los cuales se establecen en la curva Esfuerzo – Tiempo, a partir de los datos tomados a lo largo del ensayo.

De esta manera se realizaron las pruebas a los 3 diseños de mezcla que se elaboraron y se tomaron diferentes lecturas dependiendo del comportamiento del material. Los resultados se muestran en las tablas 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 y 4.35.

DISEÑO N° 1.

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lb)	Resistencia a la penetración (Psi)
0	1	0	0.0
60	0.5	67	134.0
90	0.1	23	230.0
105	0.10	34	340.0
110	0.10	38	380.0
115	0.05	24	480.0
120	0.05	26	520.0
125	0.05	30	600.0
145	0.03	30	1000.0
155	0.03	50	1666.7
175	0.03	84	2800.0
185	0.03	105	3500.0
187	0.03	113	3766.7
193	0.03	132	4400.0
195	0.03	145	4833.3
197	0.03	153	5100.0
200	0.03	167	5566.7

Tabla 4.30 Resultados del ensayo de fraguado al mortero con cantidad mínima de cal.

El valor del fraguado inicial y final se puede obtener de dos formas, una interpolando de los resultados de la tabla 4.30 y encontrar para el fraguado inicial cuando la resistencia a la penetración es de 500 psi y para fraguado final igual a 4000 psi, y otra es por medio de la grafica de resistencia a penetración-tiempo (figura 4.16), los resultados se muestran en la tabla N° 4.31.



Figura 4.16 Tiempos de fraguado del mortero con contenido mínimo de cal

Tiempo de Fraguado Inicial=	1 hora y 50 min
Tiempo de Fraguado Final=	3 horas y 9 min

Tabla 4.31 Tiempos de fraguado inicial y final.

DISEÑO N° 2.

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lb)	Resistencia a la penetración (Psi)
0	1.00	0	0.0
105	0.10	24	240.0
115	0.10	43	430.0
125	0.10	56	560.0
130	0.10	64	640.0
145	0.05	52	1040.0
155	0.03	41	1366.7
165	0.03	42	1400.0
170	0.03	48	1600.0
180	0.03	50	1666.7
195	0.03	70	2333.3
205	0.03	82	2733.3
210	0.03	86	2866.7
213	0.03	97	3233.3
215	0.03	107	3566.7
220	0.03	117	3900.0
223	0.03	127	4233.3
225	0.03	134	4466.7

Tabla 4.32 Resultados del ensayo de fraguado al mortero con cantidad media de cal.

Por interpolación de los datos (figura 4.17) se obtiene el fraguado inicial y final del mortero para el diseño con cantidad media de cal, los resultados se muestran en la tabla N° 4.33.

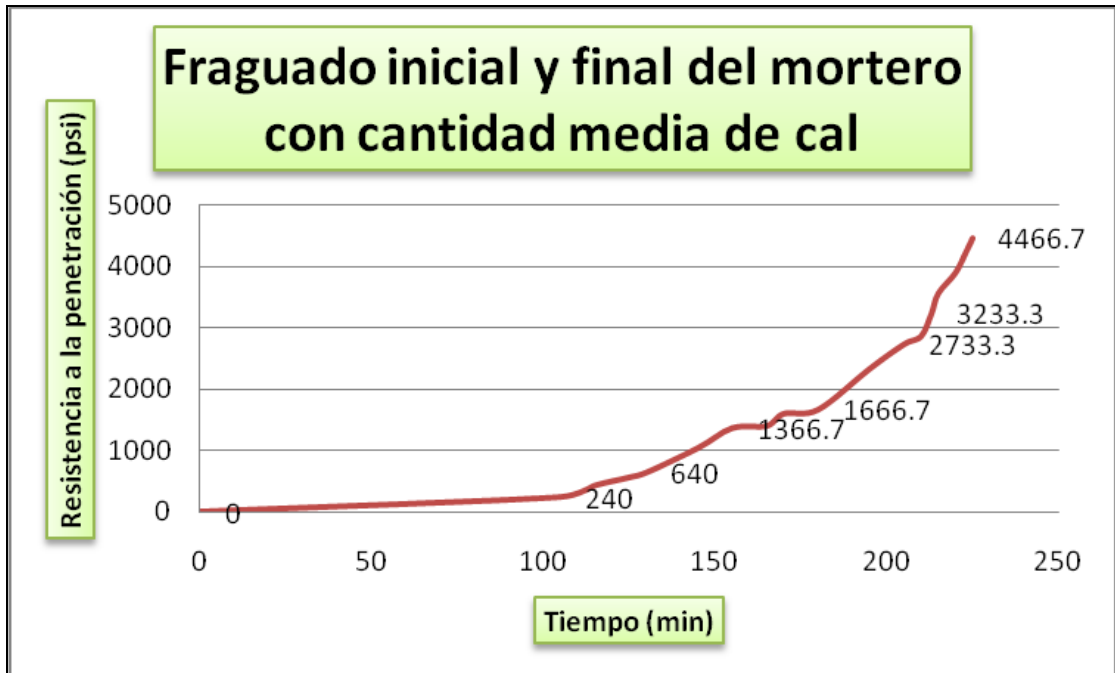


Figura 4.17 Tiempos de fraguado del mortero con contenido medio de cal.

Tiempo de Fraguado Inicial=	2 horas
Tiempo de Fraguado Final=	3 horas con 41 min

Tabla 4.33 Tiempos de fraguado inicial y final.

DISEÑO N° 3.

Tiempo transcurrido (t) (min)	Área de la aguja (pul ²)	Fuerza de penetración (lb)	Resistencia a la penetración (Psi)
0	1	0	0.0
30	1	4	4.0
60	0.50	28	56.0
90	0.50	54	108.0
120	0.10	35	350.0
130	0.10	38	380.0
140	0.10	41	410.0
145	0.10	47	470.0
150	0.05	30	600.0
170	0.05	34	680.0
190	0.05	47	940.0
250	0.03	70	2333.3
260	0.03	85	2833.3
265	0.03	98	3266.7
270	0.03	105	3500.0
275	0.03	118	3933.3
278	0.03	130	4333.3
280	0.03	145	4833.3
285	0.03	155	5166.7

Tabla 4.34 Resultados del ensayo de fraguado al mortero con cantidad máxima de cal.

Por interpolación de los datos (figura 4.18) se obtiene el fraguado inicial y final del mortero para el diseño con cantidad máxima de cal, los resultados se muestran en la tabla N° 4.35.

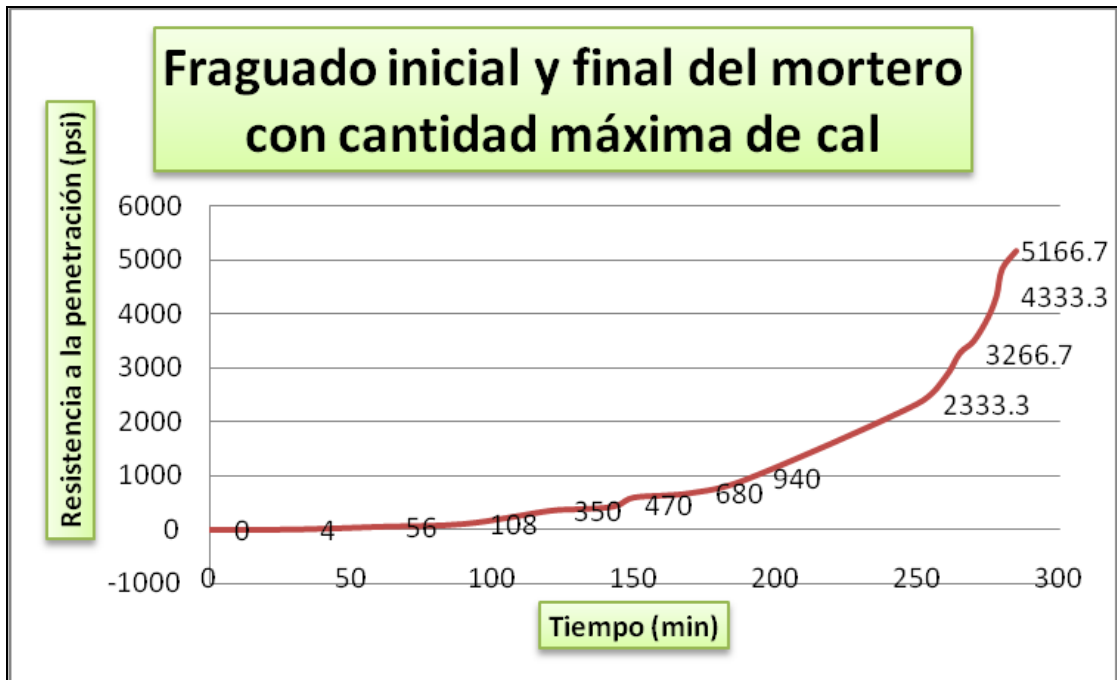


Figura 4.18 Tiempos de fraguado del mortero con contenido máximo de cal.

Tabla 4.35 tiempos de fraguado inicial y final.

Tiempo de Fraguado Inicial=	2 horas con 26 min
Tiempo de Fraguado Final=	4 horas con 35 min

CAPITULO V

**PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO UTILIZANDO EL
CEMENTANTE PREDOSIFICADO Y MORTERO
DISEÑADO CON CEMENTO PÓRTLAND BLANCO
ASTM C 150 TIPO I Y CAL Y ANALISIS DE
RESULTADOS.**

5.0 INTRODUCCIÓN.

En el siguiente capítulo se presentaran los resultados que se obtuvieron con el cementante predosificado y los morteros diseñados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal.

Los repellos con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal fueron realizados en base a especificaciones de la PCA, los pasos están descritos en el capítulo I, el periodo de estudio de los 3 diseños fue de un mes y medio, tiempo en el cual se observo si el mortero se agrietaba o se desprendía de la pared, o cualquier otra característica que estos presentaran.

El repello con cementante predosificado fue realizado en base a las especificaciones del fabricante descrito en el capítulo I, el periodo de estudio fue de un mes y medio, en el cual se observo las mismas características que a los 3 diseños descrito anteriormente.

Cada uno de los repellos fueron hechos en las paredes que dividen el polideportivo y el parqueo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador en San Salvador, sobre paredes de bloques de concreto de dimensiones de 2.6 m de alto por 3 m de ancho.

La dosificación del repello con cementante predosificado fue en base a especificaciones del fabricante el cual nos dice que por cada 40 kg de material cementante se agregara de 9-10 l de agua.

La dosificación de los morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal fue en base a la norma ASTM C 270, por lo cual para el primer diseño de mortero la dosificación es de 1:1/2: 2.63 (cemento, cal y arena), para el segundo su dosificación es 1: 7/8: 2.63 (cemento, cal y arena) y para el tercer diseño su dosificación es 1: 11/7: 2.63 (cemento, cal y arena).

También se realizaron los análisis técnicos y económicos, comparando así al cementante predosificado con los 3 diseños elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I, en dicha comparación se analizara tanto el desempeño de los morteros en campo como en laboratorio, y se encontrara también cual de los 4 morteros es el más económico.

5.1 PRUEBAS DE REPELLO EN CAMPO.

5.1.1 MONITOREO DEL REPELLO CON CEMENTANTE PREDOSIFICADO.

A continuación se presentaran los resultados de los comportamientos de los diferentes repellos que se elaboraron en campo, el periodo de estudio fue de aproximadamente mes y medio, las características que se observaron fueron si los repellos presentan fisuras o grietas y la presencia de desprendimientos de las paredes, en primer lugar se analizara el comportamiento del cementante predosificado.

El repello con cementante predosificado se realizo en dos capas, la primera capa es de un espesor de 3-5 mm, a este mortero solo se le agrega una cantidad de agua entre 9-10 l por cada bolsa de 40 kg.

Luego de terminada la primera capa de repello se coloca la segunda capa que es de un espesor de 2-3 mm hasta dejar acabada la .

Después de terminado el procedimiento de colocación del repello se procedió a examinar el comportamiento del repello, en el caso del cementante predosificado se obtuvo muy buenos resultados ya que en todo el periodo de estudio de este no presento grietas ni fisuras, también tuvo una superficie muy lisa y de muy buen aspecto, a continuación se presentan en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 lo que se observo en campo.



Figura 5.1 Repello con cementante predosificado a los 3 días de haber sido colocado.



Figura 5.2 Repello con cementante predosificado a los 21 días de haber sido colocado.

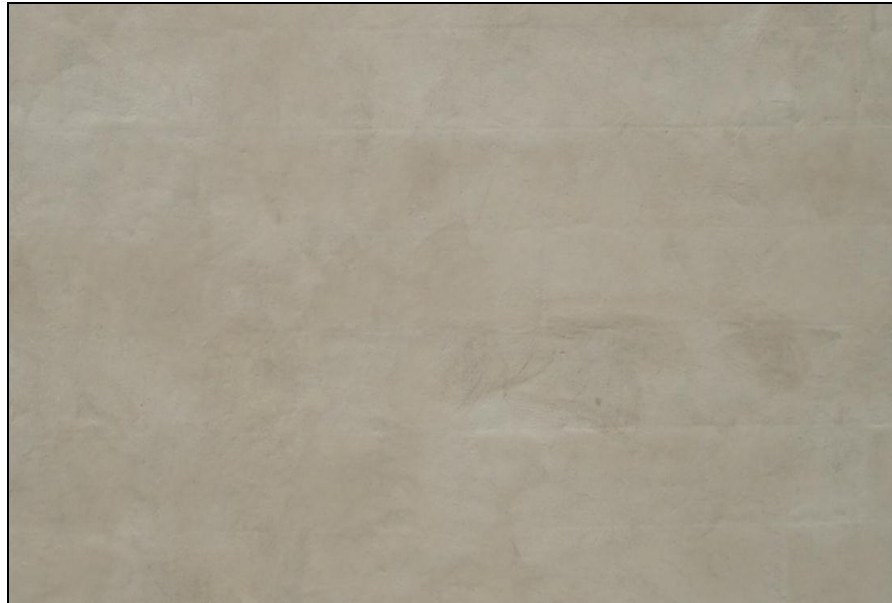


Figura 5.3 Repello con cementante predosificado a los 45 días de haber sido colocado.

Como hemos podido observar en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 el comportamiento del cementante predosificado a sido muy bueno ya que este no presento ningún problema de fisuras o grietas y no hubo desprendimiento de la pared, también su colocación es muy sencilla y la superficie terminada es muy buena, por lo cual podemos decir que el uso del cementante predosificado como repello para terminaciones finas es bueno y es recomendable su uso.

5.1.2 MONITOREO DE LOS REPELLOS CON MORTEROS DISEÑADOS.

El análisis de los repellos elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal se realizara de la misma manera en que se realizo con el cementante predosificado, en primer lugar se observara el comportamiento

del mortero con el menor contenido de cal, el periodo de estudio fue de 1 mes y medio, se analizaron los mismos factores que el mortero anterior.

El mortero con el menor contenido de cal (1: ½: 2.63) mostró problemas desde el primer día después de ser colocado, ya que presento fisuras durante los primeros 15 días, las fisuras se presentaban en los costados de la pared, estas fisuras tenían un ancho de 2 a 3 mm, y su longitud promedio fue de 20 cm.

Posterior a los 20 días de su colocación el mortero no presento mayor cambio a lo antes mencionado, a continuación se muestran en las figuras 5.4, 5.5 y 5.6 algunas de las fisuras que se presentaron en el repello.



Figura 5.4 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido mínimo de cal a los 3 días de haber sido colocado.



Figura 5.5 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido mínimo de cal a los 7 días de haber sido colocado.

Como se puede observar en la figura 5.5 la mayoría de las fisuras se presentaban en los costados del repello, por lo cual no se podría determinar si las fisuras se dieron por mal proceso constructivo o por el mal comportamiento del mortero, aunque los repellos fueron realizados exactamente como lo indica la PCA.



Figura 5.6 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido mínimo de cal a los 14 días de haber sido colocado.

Como se ha podido observar en las figuras 5.4, 5.5 y 5.6 el repello con el mortero con contenido mínimo de cal presento muchas fisuras durante los primeros 20 días después de colocado, este mortero también presenta una superficie muy áspera y de mal aspecto en acabado, las fisuras abarcaban un área del 25% del total de la pared repellada y en su mayoría se presentaron en los costados de la pared, dependiendo del uso que se le quiera dar a este mortero su uso no es muy recomendado dada las cantidades de fisuras que este presento.

A continuación se analizara el mortero elaborado con el contenido medio de cal (1: 7/8: 2.63), el periodo de estudio de este mortero fue de un mes y medio, a continuación se muestran en las figuras 5.7 y 5.8 los días durante los cuales el mortero presento fisuras.



Figura 5.7 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido medio de cal a los 7 días de haber sido colocado.



Figura 5.8 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido medio de cal a los 14 días de haber sido colocado.

Este mortero presento sus primeras fisuras al séptimo día después de colocado, el tamaño de las fisuras fue de 2 mm de ancho, y sus longitudes promedios fueron de 15 cm, las fisuras dejaron de aparecer después de 14 días, y en su mayoría se presentaban en los costados de la pared al igual que en el repello anterior, el área fisurada de la pared fue de un 12%, su superficie fue muy áspera también pero la cantidad de fisuras que aparecieron fueron mucho menores que el repello con contenido mínimo de cal y al igual que el repello anterior su utilizaron dependerá del uso que se le quiera dar.

Como último análisis de los repellos se tiene el mortero elaborado con el mayor contenido de cal (1: 1 ¼: 2.63), y al igual que en los análisis anteriores el periodo de estudio fue de un mes y medio y se estudiaron los mismos parámetros, a continuación se presentan en las figuras 5.9, 5.10 y 5.11 algunas de las características que presento este repello.



Figura 5.9 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido máximo de cal a los 14 días de haber sido colocado.



Figura 5.10 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido máximo de cal a los 21 días de haber sido colocado.



Figura 5.11 Repello con mortero elaborado con cemento Pórtland mezclado con el contenido máximo de cal a los 45 días de haber sido colocado.

Como se ha observado en las figuras este mortero durante todo su periodo de estudio no presento fisuras en su superficie, este mortero fue el que mejor comportamiento mostró, una de las ideas que se tiene del porque esto sucedió es por el alto contenido de cal que el mortero tiene, la cal podría haber ayudado a que en las contracciones del mortero este no se agrietara, el único problema que se ha tenido con este repello al igual que en los otros es su superficie áspera.

En base a los resultados presentados en campo de las características que cada mortero presento se puede decir que el mortero con el mayor contenido de cal fue el que mejor comportamiento tuvo, por lo cual de los tres diseños elaborados con cemento Portland blanco ASTM C 150 tipo I y cal este mortero es el que se recomienda para su uso.

5.2 ANALISIS TECNICO

En el análisis técnico se mostraran los resultados de las diferentes pruebas que se realizaron al cementante predosificado y a los tres diseños de mortero con cemento Portland blanco mezclado con cal, y estos resultados serán comparados con los que exigen las normas ASTM, también se analizara el comportamiento en campo de cada uno de los morteros ya colocados.

A continuación se presenta en la tabla 5.1 los resultados de las pruebas realizadas al cementante predosificado y a los tres morteros elaborados con cemento Portland y cal.

	Cementante predosificado	Diseño 1 Mínimo de cal	Diseño 2 Medio de cal	Diseño 3 Máximo de cal
Fraguado inicial y final por resistencia a la penetración (ASTM C 403)	No se obtuvieron resultados.	Tiempo de Fraguado Inicial= 1 hora y 50 min Tiempo de fraguado final= 3 horas y 9 min	Tiempo de Fraguado Inicial=2 horas Tiempo de fraguado final=3 horas con 41 min	Tiempo de Fraguado Inicial= 2 horas con 26 min Tiempo de fraguado final= 4 horas con 31 min
Fraguado inicial por medio de las agujas de Vicat (ASTM C 191)	No se obtuvo resultados.	_____	_____	_____
Mesa de fluidez (ASTM C 109)	Primera prueba=80.75% Segunda prueba=100.75%	Primera prueba=111.5 % Segunda prueba=107.5 %	Primera prueba=111 % Segunda prueba=113.5 %	Primera prueba=111 % Segunda prueba=110.5 %
Resistencia a la compresión (ASTM C 109)	Resistencia a los 28 días= 36.7 Mpa	Resistencia a los 28 días =116.6 Mpa	Resistencia a los 28 días =222.9 Mpa	Resistencia a los 28 días =321 Mpa

Tabla 5.1 Resultados de las pruebas realizadas a los morteros.

En la tabla 5.2 se muestran los resultados para cada prueba que exigen cada una de las normas para cada diseño, estas exigencias se compararan con los resultados obtenidos en cada ensayo.

Mesa de fluidez (ASTM C 109)	110±5 %
Resistencia a la compresión (ASTM C 109)	52 Mpa
Tiempo de fraguado inicial y final por resistencia a la penetración (ASTM C 403)	Los resultados dependerán del tipo de cemento y si se usan aditivos.
Tiempo de fraguado inicial por medio de las agujas de Vicat (ASTM C 191)	Los resultados dependerán del tipo de cemento que se use.

Tabla 5.2 Exigencia en los resultados de los ensayos por normas ASTM.

En los resultados de cada ensayo para cementante predosificado y para los tres diseños de mortero que se realizaron y comparándolos con las exigencias de las normas ASTM podemos observar que el cementante predosificado no cumple con ninguna de las exigencias ya que en los ensayos de resistencia a compresión y mesa de fluidez los resultados fueron inferiores a los que se exigen, y en los ensayos de tiempos de fraguado no se obtuvieron resultados debido a los largos tiempos para endurecer que este producto presentaba.

Caso contrario los tres diseños que se realizaron con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal ya que cumplieron cada una de las exigencias de las normas ASTM.

En base a los resultados de las observaciones que se hicieron al cementante predosificado y a los tres diseños de morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal los resultados fueron contrarios a los que se obtuvieron en laboratorio, debido a que el cementante predosificado presento un muy buen comportamiento ya que este no se agrieto ni presento desprendimientos de las paredes, en cambio el diseño

con contenido mínimo de cal y el diseño con contenido medio de cal presentaron muchas fisuras en su superficie durante los primeros días después de colocado, aunque estos no presentaron desprendimiento de las paredes, el diseño de mortero con contenido máximo de cal no presentó fisuras en su superficie aunque la terminación de este es muy áspera y su utilización dependerá del uso que se le quiera dar.

En conclusión podemos decir que los morteros diseñados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal presentaron un muy buen comportamiento en laboratorio ya que cumplieron con cada unas de las exigencias de los ensayos que se le realizaron, caso contrario cuando estos ya fueron colocados en campo, ya que el cementante predosificado presentó el mejor comportamiento de los cuatro morteros, debido a que este no se fisuro y su superficie tiene apariencia muy buena.

5.3 ANALISIS ECONOMICO

En el análisis económico se presentaran las cantidades de materiales que fueron necesarios para la elaboración de cada uno de los repellos, tanto para el cementante predosificado como para los tres morteros que fueron diseñados. Las dimensiones de las paredes que fueron repelladas se presentan a continuación en la figura 5.12.

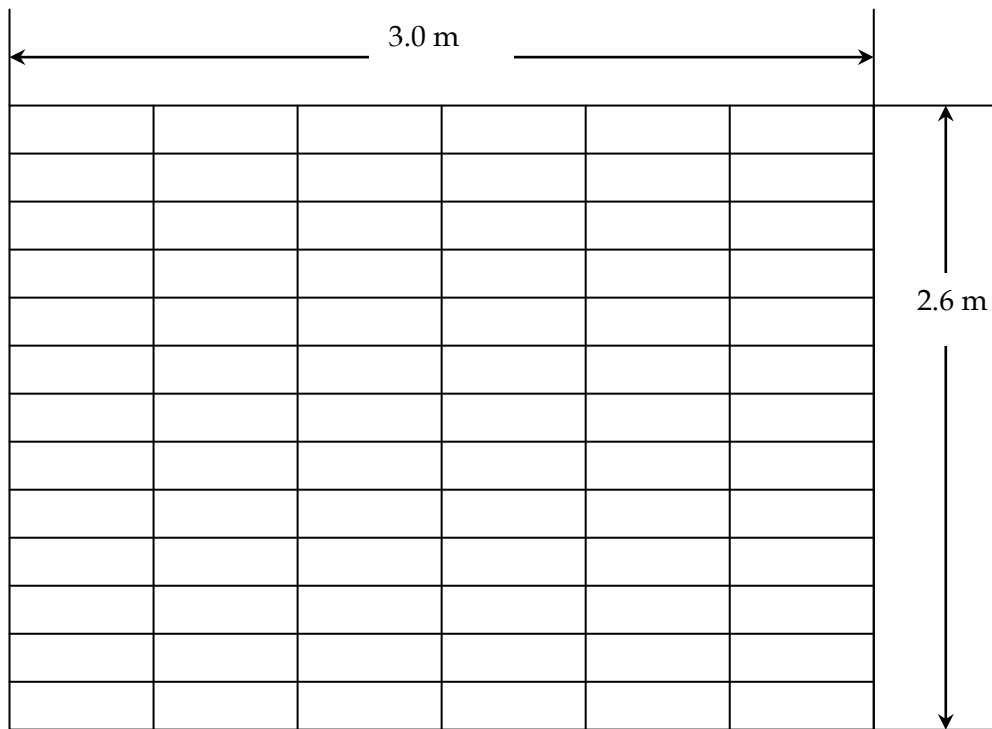


Figura 5.12 Medidas de las paredes que fueron repelladas

Las cantidades de materiales para los morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal están basadas en la tabla 4.10 del capítulo IV (especificación por proporción de materiales norma ASTM C 270), y la cantidad de agua para cada uno de los repellos son las encontradas en la prueba de mesa de fluidez del capítulo 4.

Para el cementante predosificado no se tiene ningún problema en encontrar cantidad de material ya que este por especificación del fabricante ya nos dice la cantidad de agua que se necesita.

A continuación se muestra en la tabla 5.3 la cantidad de materiales que fueron ocupados para la realización de cada uno de los tres repellos elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 Tipo I y cal.

	Cemento (kg)	Cal (kg)	Arena (m³)	Agua (l)	T° mezcla	T° agua	T° ambiente
Diseño 1	30	15	0.36	27	31	27	27.5
Diseño 2	25	22	0.38	29	30	26	25
Diseño 3	23	29	0.42	35	30	26	24

Tabla 5.3 Cantidad de materiales que se necesitaron para cada repello.

El área de repello que se tuvo que realizar para cada diseño de mortero y para el mortero predosificado se obtuvieron de las dimensiones que se mostraron en la figura 5.12 y se obtiene de la siguiente ecuación.

Área de pared = base x altura

Área de pared = 3m x 2.6m

Área de pared = 7.8 m²

Los porcentajes de material utilizado tanto para la cal como para el cemento se obtendrán de las cantidades utilizadas versus las cantidades que cada bolsa de material tiene así como se muestra a continuación.

Diseño 1 (cemento)

1 bolsa de cemento ----- 42.5 Kg.

X ----- 30 Kg.

$$X = (1 \times 30) / 42.5$$

X = 0.71 de la bolsa completa de cemento.

Diseño 1 (cal)

1 bolsa de cal ----- 20 Kg.

X ----- 15 Kg.

$$X = (1 \times 15) / 20$$

X = 0.75 de la bolsa completa de cal.

Al igual que se han encontrado estos porcentajes se hará para diseño de mortero por lo cual se omitirá ese paso.

En la tabla 5.3 se muestran las cantidades de materiales necesarias para repellar 7.8 m² de pared, con estas datos se obtendrá el precio por metro cuadrado de repello tanto para los tres diseños de morteros como para el cementante predosificado, estos datos se muestran en las tablas 5.4, 5.5, 5.6, 5.7.

Diseño 1.

Material	Unidad	Porcentaje de material utilizado	Precio	Total
Cemento	kg	0.71	12.87	9.1
Cal	kg	0.75	4.15	3.4
Arena	m ³	0.36	7.14	2.6
PRECIO TOTAL				\$15.1

Tabla 5.4 Diseño 1 de mortero, precio total por metro cuadrado de repello

El precio por metro cuadrado de material se obtendrá de la división de precio total (tabla 5.5) entre el área de pared repellada.

Precio por metro cuadrado = $15.1/7.8$

Precio por metro cuadrado = \$ 1.94/m²

Diseño 2.

Material	Unidad	Porcentaje de material utilizado	Precio	Total
Cemento	kg	0.59	12.87	7.59
Cal	kg	1.1	4.15	4.6
Arena	m ³	0.38	7.14	2.7
PRECIO TOTAL				\$14.9

Tabla 5.5 Diseño 2 de mortero, precio total por metro cuadrado de repello

El precio por metro cuadrado de material se obtendrá de la división de precio total (tabla 5.5) entre el área de pared repellada.

Precio por metro cuadrado = $14.9/7.8$

Precio por metro cuadrado = \$ 1.91/m².

Diseño 3.

Material	Unidad	Porcentaje de material utilizado	Precio	Total
Cemento	kg	0.54	12.87	6.9
Cal	kg	1.45	4.15	6.02
Arena	m ³	0.42	7.14	3.0
PRECIO TOTAL				\$15.9

Tabla 5.6 Diseño 3 de mortero, precio total por metro cuadrado de repello

El precio por metro cuadrado de material se obtendrá de la división de precio total (tabla 5.6) entre el área de pared repellada.

Precio por metro cuadrado = $15.9/7.8$

Precio por metro cuadrado = \$ 2.03/m²

El cementante predosificado ya por especificaciones trae un rendimiento por metro cuadrado, el cual nos dice que por cada bolsa de cementante predosificado se podrá repellar una superficie de 7 a 10 m², en nuestro caso se utilizó una bolsa completa de cementante predosificado que tiene un valor de \$8.5, obteniendo así un valor por metro cuadrado de \$1.09.

En conclusión hemos obtenido que el valor por m² del cementante predosificado es muy inferior al de los tres diseños de mortero elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✚ De los ensayos realizados al cementante predosificado donde se estudio su comportamiento mecánico y físico se encontró que no cumplió con los requisitos mínimos que se exigen en las normas ASTM estudiadas en el Capitulo IV.
- ✚ Se realizo al cementante predosificado la prueba del pH por medio del método potenciométrico directo, obteniendo un pH=11.6 obteniendo así que este es un compuesto alcalino, los cual beneficia el aspecto de durabilidad de los morteros.
- ✚ Por medio del ensayo de difracción de rayos X se obtuvo que el cementante predosificado esta compuesto en un 70% de calcita y un 30% de cuarzo, dichos compuestos son responsables de los procesos de hidratación y endurecimiento del cemento cuando este se mezcla con agua.
- ✚ En los ensayos realizados a la arena (Capitulo IV) pudimos constatar que esta cumple con los requisitos exigidos en la norma ASTM C 33 y la norma ASTM C 144-3, por lo cual su uso es aceptado para la elaboración de los diseños de morteros, sin embargo, al ser utilizado

en los diseños de morteros la granulometría de la arena fue muy gruesa, dejando acabados ásperos.

- ✚ Los resultados de los ensayos realizados a los tres diseños de morteros en base a las normas ASTM C 109 y ASTM C 403 fueron satisfactorios, ya que por medio de ellos se obtuvieron morteros con tiempos de fraguados prolongados y con una buena trabajabilidad.

- ✚ Si bien el cementante predosificado no cumplió con los requisitos mínimos exigidos en las normas ASTM estudiadas en este trabajo, su comportamiento en campo fue distinto, ya que en comparación con los diseños con cemento Pórtland blanco y cal este repello no se fisuro y su acabado fue muy bueno.

- ✚ Los diseños elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal presentaron en laboratorio muy buenos resultados, cumpliendo con las exigencias de las normas ASTM (ver tabla 5.1 y 5.2), pero cuando estos fueron colocados sobre las paredes su comportamiento fue diferente, ya que los diseños elaborados con las cantidades mínima y media de cal presentaron fisuras con un ancho promedio de 2.5 mm y un largo promedio de 17.5 cm, también se

observo que la superficie de los tres morteros son muy ásperas en comparación con el cementante predosificado.

- ✚ El comportamiento del mortero con mayor contenido de cal fue mejor que el de los otros dos diseños, ya que este no presento fisuras ni filtraciones en su superficie, por lo cual se puede decir que morteros con proporciones de cal igual o mayor a 1 1/2 no se agrietaran.
- ✚ Los periodos de estudio de los tres diseños de morteros elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal y del cementante predosificado fueron de 1 mes y medio, realizándose los cuatro repellos el mismo día a la intemperie y bajo las mismas condiciones ambientales, por lo cual se puede decir que para este periodo de tiempo el cementante predosificado presento un mejor comportamiento.
- ✚ El costo promedio de los tres diseños de mortero elaborados con cemento Pórtland blanco ASTM C 150 tipo I y cal es de \$1.96/m², en comparación al del cementante predosificado que es de \$1.09/m², se puede decir que económicamente el cementante predosificado es mucho mas barato para ser utilizado como mortero para repello en paredes de concreto, debido a que los espesores del repello con

cementante predosificado fue menor que el de los tres diseños con cemento Pórtland blanco y cal.

✚ En conclusión los diseños elaborados con cemento Pórtland blanco y cal cumplen con los requisitos que exigen las normas ASTM, pero su comportamiento en campo es muy diferente de el laboratorio y sus costos son muy altos, en comparación con el cementante predosificado que en laboratorio no cumplió con los requisitos exigidos por las normas ASTM pero en campo su comportamiento fue el mas satisfactorio y su costo es relativamente bajo, por lo cual se puede decir que para esta investigación y para el periodo de estudio que se tuvo de los repellos el cementante predosificado tuvo mejores resultados tanto técnicamente como económicamente.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✚ En los ensayos realizados al cementante predosificado no se encontraron resultados satisfactorios, por lo cual sería necesario realizar otras pruebas con diferentes dosificaciones a las que el fabricante especifica para tratar de cumplir con las exigencias que las normas ASTM requiere.
- ✚ La utilización de cementos alcalinos es muy importante ya que estos ayudan en la durabilidad de los morteros y en la prevención de la corrosión de acero si se trabajara con este.
- ✚ Las pruebas que se realicen a la arena para morteros deberán ser conforme a lo que las normas ASTM nos indiquen para que los resultados obtenidos sean los más óptimos.
- ✚ La humedad en la arena es de gran importancia y se debe tener un control minucioso en esto, ya que las variaciones bruscas de humedad afectarían las propiedades del mortero (resistencia y fraguado).

- ✚ Para obtener superficies con mejores acabados que los obtenidos en esta investigación, podríamos mejorar la granulometría de la arena aumentando el material que pasa la malla N° 50 y 100.
- ✚ Al comparar los tres diseños de mortero con cemento Pórtland blanco y cal podemos decir que morteros con contenidos de cal iguales o mayores a una proporción de 1 1/2 no se agrietaran ni mostrara filtraciones en su superficie.
- ✚ Los periodos de estudio para cada uno de los morteros fueron relativamente cortos por lo cual se recomienda en futuras investigaciones prolongar este tiempo, para conocer los comportamiento de los morteros a un mayor plazo de tiempo.
- ✚ Los costos en la utilización del cemento Pórtland blanco son 80% mayor en comparación al cementante predosificado, por lo cual se recomendaría elaborar morteros para repello a base de cemento Pórtland gris y conocer así los costos con la utilización de este tipo de cemento.

- ✚ Al final de la investigación la utilización del cementante predosificado es el más recomendado debido a que su comportamiento observado en campo fue el mejor y su terminación superficial fue la más óptima.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ Pórtland Cement Association. “Proyecto y Control de Mezclas de Concreto”. Editorial Limusa. México, D.F. (1978)
- ✚ [www. tecnologiadeconcretol.com](http://www.tecnologiadeconcretol.com)
- ✚ <http://www.Clinker y sus Componentes Activos.htm>
- ✚ <http://www.Concreto – Monografías.com.htm>
- ✚ <http://www.come.to/divulgacioncientifica>
- ✚ <http://www.cessa.com.sv>
- ✚ <http://www.wikipedia.com>
- ✚ ASTM Designation C 150. “Standard Specification for Pórtland Cement”. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa. (1986).
- ✚ ASTM Designation C 33. “Standard Specification for Concrete Aggregates”. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa. (1986).
- ✚ ASTM Designación C 40. “Método de Ensayo para Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino para Concreto”. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa. (1999).
- ✚ Manual de Tecnología Del Concreto Tomo II. CFE.
- ✚ Manual De Laboratorio De Ingeniería Civil.
- ✚ Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

- ✚ ASTM C403 / C403M - 08 Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
- ✚ ASTM C702 - 98(2003) Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size
- ✚ ASTM C136 - 06 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- ✚ ASTM C144 - 04 Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar
- ✚ ASTM C128 - 07a Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- ✚ Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying
- ✚ www.virgiamasonry_org-prod_potrland.com
- ✚ Steinorur, H.H., Concrete Mix Water, Research Department Bulletin RX119, Pórtland Cement Association, 1960.
- ✚ Masonry Construction, Revista Aberdeen Group, 1994
- ✚ Manual de tecnología del concreto (CFE), sección 1
- ✚ Seminario De Graduación; Mortero: Cemento, Arena Y Cal Año 1986.
- ✚ www.wikipedia.com/cal
- ✚ www.reflex.com
- ✚ Curso “sistema constructivo con bloque”

GLOSARIO

- ✚ **ABSORCIÓN:** La cantidad de las fuerzas de tensión en la superficie que acusa el movimiento del agua hacia los capilares (i.e., en el concreto) sin presiones externas apreciables.
- ✚ **ACABADO:** La textura de la superficie después de que los trabajos de compactación y terminado han sido completados.
- ✚ **ACI:** Instituto Americano del Concreto.
- ✚ **AGREGADO FINO:** Son arenas naturales o manufacturadas, con tamaños de partícula pasantes de la malla N° 4 (4.75 mm) y retenidas en la malla N° 100 (150 μ m).
- ✚ **AGRIETAMIENTO:** En una fisura que atraviesa de lado a lado el espesor de una estructura, es producto de cambios en el concreto provocados, por la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia, a esfuerzos debidos a la contracción por secado o a cambios de temperatura en condiciones de restricción.
- ✚ **APISONADOR (PISÓN):** Dispositivo operado en forma manual par compactar la parte superior en pisos u otras superficies sin forma por el impacto de la caída de un dispositivo en preparación para el enrasado y terminado.
- ✚ **BACHADA:** Cantidad de concreto o mortero mezclado en una vez.
- ✚ **CALOR DE HIDRATACIÓN:** Calor desarrollado por reacciones químicas de una sustancia con el agua tal como el desarrollo durante el fraguado y endurecimiento del cemento Pórtland.

- ✚ **CEMENTO, HIDRÁULICO:** Un cemento que es capaz de fraguar y endurecer bajo la acción del agua, como el cemento Pórtland normal.
- ✚ **CONSISTENCIA:** Es una medida de la trabajabilidad referida a la movilidad y la compactación del concreto, en términos de la apariencia del concreto que exhibe al ser manipulada y expresada en base a resultados de alguna prueba específica.
- ✚ **CURADO:** Procedimiento para mantener en el concreto, los contenidos de humedad y temperatura en condiciones satisfactorias, durante un período definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.
- ✚ **FINOS:** Material con un tamaño de partícula inferior a 0.125 mm, incluyendo el cemento, la adición y la aportación de las arenas.
- ✚ **GRANULOMETRIA:** Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por el análisis de tamices (ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre de aberturas cuadradas.
- ✚ **FRAGUADO:** La condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando ha perdido plasticidad en un grado arbitrario, usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación.
- ✚ **FALSO FRAGUADO:** El desarrollo rápido de rigidez en una pasta fresca de cemento Pórtland, mortero o concreto sin evolución de

mucho calor, con la cual la rigidez puede ser dispersada y la plasticidad recuperada por mezclado adicional sin la adición de agua; endurecimiento prematuro, fraguado dudoso, endurecimiento temprano y fraguado de hule son términos que se refieren a este fenómeno.

✚ **FRAGUADO FINAL:** Grado de endurecimiento de una mezcla de cemento y agua mayor que el fraguado inicial, generalmente expresado como un valor empírico que indica el tiempo en horas y minutos requeridos por la pasta de cemento para endurecer suficientemente para resistir a un grado establecido de penetración de una aguja de prueba; también se aplica al concreto o mortero con el uso de procedimientos apropiados de prueba.

✚ **FRAGUADO INICIAL:** Grado de endurecimiento de una mezcla de cemento y agua menor que el fraguado final, generalmente expresado como un valor empírico que indica el tiempo en horas y minutos requeridos por la pasta de cemento para endurecer suficientemente para resistir a una grado establecido de penetración de una aguja de prueba; también se aplica al concreto o mortero con el uso de procedimientos apropiados de prueba.

✚ **MEZCLADO:** Es la incorporación de los componentes del mortero hasta el grado en que las reacciones entre sí se completen; esta puede llevarse a cabo mediante medios manuales o mecánicos.

✚ **MORTERO:** la fracción de concreto consistente en la pasta junto con los agregados de tamaño inferior a 4.75 mm (malla N° 4)

- ✚ **RELACION AGUA/CEMENTO:** La relación de la cantidad de agua, excluyendo únicamente la absorbida por los agregados, a la cantidad de cemento (o materiales cementantes) en una mezcla de concreto o mortero, preferiblemente referida en un decimal del peso.
- ✚ **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 (Kg./cm^2) a una edad de 28 días, se le designa con el símbolo f_c .
- ✚ **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (DE AGREGADO):** En especificaciones para descripción de agregado, la abertura mas pequeña da la malla a través de la cual al cantidad total de los agregados se le permite pasar.
- ✚ **TRABAJABILIDAD (DOCILIDAD):** Una medida de la facilidad con la que el concreto fresco puede colocarse y compactarse: se trata de una compleja combinación de aspectos de fluidez, cohesividad, compactibilidad y viscosidad.