



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MORTERO
UTILIZADO PARA EL RELLENO DE PAREDES NO
ESTRUCTURALES DE PLÁSTICO”**

TUTOR ACADÉMICO:

MSc. Ing. Francisco Soto

ELABORADO POR:

Lozada P. José M.

C.I. 20.161.715

Loyo A. Víctor L.

C.I. 19.454.224

VALENCIA, OCTUBRE DE 2012



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MORTERO
UTILIZADO PARA EL RELLENO DE PAREDES NO
ESTRUCTURALES DE PLÁSTICO”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TUTOR ACADÉMICO:

MSc. Ing. Francisco Soto

ELABORADO POR:

Lozada P. José M.

C.I. 20.161.715

Loyo A. Víctor L.

C.I. 19.454.224

VALENCIA, OCTUBRE DE 2012



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, miembros del jurado asignados para evaluar el trabajo de grado titulado **"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MORTERO UTILIZADO PARA EL RELLENO DE PAREDES NO ESTRUCTURALES DE PLÁSTICO"** realizado por los bachilleres Lozada P. José M. CI 20.161.715, Loyo A. Víctor L. CI 19.454.224, Hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Francisco Soto
Presidente del Jurado

Prof. Javier Álvarez
Miembro del Jurado

Prof. Laine Barros
Miembro del Jurado

VALENCIA, OCTUBRE DE 2012

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres

A mis hermanas

Y a todos los que hicieron que esto fuese posible.

Victor L. Loyo A.

A mis padres

A mis hermanas

A todos mis familiares en especial a mi sobrino Ángel Daniel

José M. Lozada P.

AGRADECIMIENTOS

Un gran agradecimiento a nuestra insigne Universidad de Carabobo, casa de estudio para tantos profesionales de nuestro país. A la escuela de Ingeniería Civil. A su personal docente, técnico y administrativo que con mucha firmeza y profesionalismo hacen posible nuestra preparación.

Un especial agradecimiento a el profesor Francisco Soto por ser nuestro tutor y motor fundamental en nuestro proyecto, por su incansable trabajo y apoyo en cada momento.

Al departamento de estructuras por facilitarnos el laboratorio de materiales y ensayos utilizado en el trabajo realizado.

A Carlos Manzanares técnico del laboratorio de materiales y ensayos por brindarnos todo su apoyo y conocimiento.

José Lozada y Victor Loyo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, **Victorina y Luis**, por ser grandes ejemplo de lucha y sacrificio, además por brindándome todo su apoyo y cariño.

A mis hermanas, **Aymara** por ser un gran ejemplo de hermana mayor, también por todo su apoyo y compañía a lo largo de toda la carrera. Y a **Tiby** por estar siempre pendiente de mí.

A mi tía **Nancy** por su apoyo y compañía.

A todos mis amigos y compañeros de la facultad:

Los que estuvieron desde el comienzo: **José L, Miguelantonio G, Rafael S, Wilmer G, Vanessa M, Eddy M y Ana C**. A los de la escuela, compañeros de batalla y futuros ingenieros civiles, en especial a: **José A, Gabriel T, Juan A, Alberto G, Jesús S, Carlos M, Maycol R, Dario P, Enrique S, Jhoan G**.

A los amigos de San Felipe, en especial a los de Prados del Norte **Domingo, Richard, Beto y Andres** quienes de alguna u otra manera me apoyaron y estuvieron pendiente.

Victor L. Loyo A.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xix
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO I EL PROBLEMA

Planteamiento del problema.....	3
Formulación del problema.....	4
Objetivos de la Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación.....	6
Alcance.....	7
Limitaciones.....	8

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación.....	9
Bases Teóricas.....	11
Mortero.....	11
Tipos de mortero.....	12
Morteros de cal.....	12
Mortero de yeso.....	13

Morteros con aditivos.....	13
Propiedades de los morteros.....	14
Tiempo de fraguado.....	14
Resistencia a la compresión.....	15
Agregados.....	16
Granulometría.....	17
Elementos activos.....	18
Agua para morteros.....	18
Cemento.....	19
Dosificación del mortero.....	20
Curado.....	20
El fosfoyeso.....	22
Composición y propiedades del fosfoyeso.....	23
Uso actual del fosfoyeso.....	24
Sistema Constructivo de PVC Petrocasa.....	26
Evaluación estadística.....	27
Parámetros estadísticos.....	27

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación.....	31
Diseño de la investigación.....	32
Población y muestra.....	33
Cálculo estadístico para determinar el número de muestras.	33
Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	35
Revisión bibliográfica.....	36
Materiales.....	36
Fosfoyeso.....	36
Cemento.....	37
Agregados.....	37
Ensayos agregados.....	37
Equipos.....	39

Preparación de mezcla.....	39
Cantidades.....	39
Preparación de los moldes.....	40
Mezclado.....	40
Vaciado.....	40
Curado.....	41
Descripción del ensayo.....	41
Análisis de datos.....	42

**CAPITULO IV
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Agregados.....	44
Diseño de la mezcla.....	47
Resistencia.....	51
Discusión de resultados.....	71

CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76
ANEXOS.....	79

INDICE DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Parámetros considerados en el control de calidad del fosfoyeso producido en el complejo petroquímico Morón	24
2	Desviación estándar σ , de esperar en el concreto según el grado de control	28
3	Valores de t de Student para varios niveles de probabilidad y fracciones defectuosas	30
4	Limites del porcentaje que pasa superior e inferior establecidos en la Norma COVENIN	45
5	Granulometría. Arena N° 1	46
6	Dosificaciones establecidas por la empresa Petrocasas para realizar los ensayos	48
7	Proporciones finales de la Mezcla C1 con la Arena N°1	50
8	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas C1	52
9	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC1	54
10	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC2	56

11	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC3	58
12	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de mezclas PC4	60
13	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC5	62
14	Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC6	64
15	Valores de Resistencia a la Compresión Promedio a los 28 días de las mezclas C1, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 Y PC6.	66
16	Valores de Tiempo de Trabajabilidad de las mezclas PC1, PC2,PC3, PC4, PC5 Y PC6	69

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica		Pág.
1	Curva granulométrica. Arena N°1	47
2	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas C1	53
3	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC1	55
4	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC2	57
5	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC3	59
6	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC4	61
7	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC5	63
8	Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC6	65
9	Comparación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas C1, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 y PC6	67

10	Comparación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC1 vs.PC4, PC2 vs. PC5 y PC3 vs. PC6	68
11	Tiempo de Trabajabilidad de las mezclas PC1 vs. Pc4, PC2 vs. PC5 y PC3 vs. PC6	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1	Tablas de ensayos de la Arena N° 1	79
2	Tablas de ensayos de la Arena N° 2	83
3	Tablas de ensayos de la Arena N° 3	87
4	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra C1	91
	Tabla 4.1 Corrección Higroscópica de la Arena N°1	91
	Tabla 4.2 Proporciones Finales	91
	Tabla 4.3 Corrección Higroscópica de la Arena N°2	91
	Tabla 4.4 Proporciones Finales	92
	Tabla 4.5 Corrección Higroscópica de la Arena N°3	92
	Tabla 4.6 Proporciones finales	92
5	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC1	93
	Tabla 5.1 Corrección Higroscópica	93
	Tabla 5.2 Proporciones finales	93

6	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC2	94
	Tabla 6.1 Corrección Higroscópica de la Arena N°1	94
	Tabla 6.2 Proporciones Finales	94
	Tabla 6.3 Corrección Higroscópica de la Arena N°2	94
	Tabla 6.4 Proporciones Finales	95
	Tabla 6.5 Corrección Higroscópica de la Arena N°3	95
	Tabla 6.6 Proporciones finales	95
7	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC3	96
	Tabla 7.1 Corrección Higroscópica de la Arena N°1	96
	Tabla 7.2 Proporciones Finales	96
	Tabla 7.3 Corrección Higroscópica de la Arena N°2	96
	Tabla 7.4 Proporciones Finales	97
	Tabla 7.5 Corrección Higroscópica de la Arena N°3	97
	Tabla 7.6 Proporciones finales	97
8	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC4	98

	Tabla 8.1	Corrección Higroscópica	98
	Tabla 8.2	Proporciones Finales	98
9	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC5		98
	Tabla 9.1.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°1	98
	Tabla 9.2.-	Proporciones Finales	99
	Tabla 9.3.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°2	99
	Tabla 9.4.-	Proporciones Finales	99
	Tabla 9.5.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°3	99
	Tabla 9.6.-	Proporciones finales	100
10	Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC6		100
	Tabla 10.1.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°1	100
	Tabla 10.2.-	Proporciones Finales	100
	Tabla 10.3.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°2	101
	Tabla 10.4.-	Proporciones Finales	101
	Tabla 10.5.-	Corrección Higroscópica de la Arena N°3	101

	Tabla 10.6.- Proporciones finales	101
11	Materiales y equipos utilizados	102
12	Elaboración de las probetas	103
13	Probetas	104
14	Ensayo de los agregados	105



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**



AUTORES: Br.: Lozada P. José M.

Br.: Loyo A. Víctor L.

TUTOR: MSc Ing. Francisco Soto

FECHA: OCTUBRE, 2.012

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MORTERO UTILIZADO
PARA EL RELLENO DE PAREDES NO ESTRUCTURALES DE
PLÁSTICO”**

RESUMEN

La presente investigación tiene por finalidad la evaluación de las principales propiedades físico-mecánicas de una mezcla de mortero modificando sus componentes parcial o totalmente por un subproducto (fosfoyeso) generado por los efluentes procesados de las diferentes plantas químicas del complejo petroquímico de Morón (PEQUIVEN), ubicado en la población de Morón – Estado Carabobo. Se realizó un estudio de las propiedades físico-mecánicas tanto de morteros de cemento portland tipo I y de fosfoyeso en condiciones seco y calcinado, en estado fresco a través de ensayos de trabajabilidad y en estado endurecido a través de ensayos de resistencia a la compresión. Se evidenció que en el ensayo a compresión, las mezclas de mortero modificadas con el fosfoyeso no pueden ser utilizadas para el relleno de paredes de plástico, debido a la poca resistencia a la compresión que brindan. Aunque se propone tomar en cuenta el uso de este material en otras actividades para lo cual se debe continuar investigando para encontrar un uso eficiente del mismo, que desde el punto de vista ecológico y de la construcción sería un gran logro.

Palabras claves: fosfoyeso, resistencia a la compresión.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción cada vez se hace más indispensable el uso de nuevos materiales con los que se logre mayor rapidez y economía en el desarrollo de la obra, sin perder de vista el objetivo para el cual se están empleando. Es por esto que el complejo petroquímico Morón plantea el uso del material fosfoyeso, generado por los efluentes procesados en las diferentes plantas químicas de dicha empresa, para la modificación de la mezcla de mortero empleada actualmente, por la empresa PETROCASAS, en el relleno de paredes elaboradas con perfiles de policloruro de vinilo (P.V.C.).

La incorporación del material fosfoyeso en la mezcla de mortero puede variar las diferentes propiedades físico-mecánicas de la misma. Por lo antes expuesto, este trabajo de grado consiste en analizar la mezcla de mortero modificado con fosfoyeso, con el fin de estimar su comportamiento mediante pruebas de carga, tiempo de fraguado y compararlo con la mezcla de mortero utilizada actualmente por la empresa PETROCASAS en el relleno de las paredes elaboradas con perfiles de policloruro de vinilo (P.V.C.).

En cuanto al desarrollo del trabajo, en el CAPÍTULO I, se indica el planteamiento del problema, el alcance que lleva esta investigación, así como sus objetivos generales y específicos; en el CAPÍTULO II, se exponen los antecedentes relacionados con esta investigación y el marco teórico en el que se definen parámetros muy importantes para la mejor comprensión de lo deseado; luego, en el CAPÍTULO III, se presenta el tipo de investigación y la metodología empleada para estimar el comportamiento de la mezcla de mortero modificada con fosfoyeso; del mismo modo el análisis e interpretación de resultados se presentan de forma detallada en el CAPÍTULO IV.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones del análisis del comportamiento de la mezcla modificada con fosfoyeso, donde se muestra si las mismas pueden ser utilizadas para el relleno de paredes elaboradas con perfiles de policloruro de vinilo (P.V.C.); seguido por la bibliografía en la que se identificarán las fuentes documentales utilizadas para apoyar las bases de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

Debido al rápido y significativo crecimiento de la población venezolana en las últimas décadas se ha generado un problema significativo en el sector habitacional del país, el déficit de viviendas aumenta día a día y afecta a gran parte de la población, generalmente a aquellos sectores de bajos recursos; Según estadísticas del instituto nacional de estadísticas, el déficit habitacional del país supera el 1.800.000 viviendas. (Anónimo 1, 2006)

En términos generales el sistema de construcción de viviendas en Venezuela se caracteriza por ser de forma convencional, lo que dificulta la obtención de un número de viviendas a corto plazo y con menor costo de ejecución; teniendo en cuenta los elevados niveles de pobreza de las grandes masas populares y su imposibilidad de acceder a viviendas construidas con estos sistemas, los entes gubernamentales se han dado la tarea de buscar sistemas constructivos alternativos, los cuales son de rápida ejecución, presentando un menor costo económico y empleando mano de obra no especializada para su montaje.

En vista de esto, la empresa PETROCASAS diseña un sistema de construcción de viviendas prefabricadas con innovación tecnológica, la cual consiste en el armado de casas con perfiles a base de Policloruro de Vinilo (PVC) de altas resistencias a modo de encofrado, que luego se

rellenan con un mortero de concreto, y que sirven además como acabado final, la empresa tiene una capacidad para producir entre 15 y 18 mil viviendas al año, que permite industrializar y masificar los proyectos de autoconstrucción para las comunidades organizadas, con el fin de ayudar a disminuir el problema de vivienda en el país. (Chacón, 2007).

El mortero de concreto empleado para rellenar los perfiles de policloruro de vinilo (PVC), esta conformado por cemento, arena y agua. Actualmente en el Complejo Petroquímico Morón, existe una laguna de más de 5 millones de Toneladas Métricas (TM) de fosfoyeso, con una tasa de crecimiento de 1000 TM diarias y 300 mil anual, según informó la Gerencia de Producción de Fosfatados (Anónimo 2, 2010), por lo que debe desarrollar técnicas de utilización del material que permitan conseguir una pronta solución a esta acumulación del efluente. Por esta razón la empresa PEQUIVEN busca generar una tecnología innovadora en la dosificación del mortero de concreto, sustituyendo parcial o totalmente el agregado fino y el cemento por fosfoyeso, también conocido como petrocemento, buscando mejorar las propiedades físico-mecánicas del mortero, contribuir con la reducción del pasivo ambiental y de la misma manera lograr disminuir los costos de producción de viviendas.

Formulación del problema.

La mezcla para mortero de concreto está conformada por arena, cemento y agua, pero se han venido realizando estudios para sustituir parte de los componentes de la mezcla por efluentes procesados, generados en las diversas plantas químicas, con la finalidad de analizar el comportamiento de la misma y contribuir así con la disminución del impacto ambiental.

En la presente investigación se plantea adicionar fosfoyeso a la mezcla de mortero de concreto enfocados más, en saber el comportamiento de la mezcla que para buscar un resultado específico. Para efectos de la investigación se emplearan 2 tipos de fosfoyeso, uno en estado seco y otro calcinado. Es por ello que para el siguiente estudio nos planteamos las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Cómo influirá el contenido de fosfoyeso en el comportamiento de la mezcla de mortero de concreto?
- ✓ ¿Será Viable el uso de este fosfoyeso como agregado adicional para la mezcla de mortero de concreto?
- ✓ ¿Será posible lograr implantar técnicas constructivas ecológicas, económicas y de tecnologías sustentables a partir del fosfoyeso?

Objetivos de la investigación

Objetivo general.

Analizar el comportamiento del mortero modificado utilizado para el relleno de paredes no estructurales de plástico.

Objetivos específicos.

1. Determinar los valores de resistencia a la compresión a los 28 días del mortero de relleno tradicional.
2. Determinar los valores de resistencia a la compresión a los 28 días del mortero modificado con fosfoyeso patrón.

3. Determinar los valores de resistencia a la compresión a los 28 días del mortero modificado con fosfoyeso oriente.
4. Comparar los valores de los resultados obtenidos: resistencia a la compresión a los 28 días del mortero de relleno tradicional con el mortero fosfoyeso patrón y el mortero modificado con fosfoyeso oriente.
5. Comparar los valores de los resultados obtenidos: resistencia a la compresión a los 28 días del mortero modificado con fosfoyeso patrón y el mortero modificado con fosfoyeso oriente.

Justificación del problema

En el área académica, el estudio del comportamiento de la mezcla de mortero de concreto servirá como documentación para futuras investigaciones, además de que en estos estudios se emplearan los diversos conocimientos adquiridos en el transcurso de preparación como ingeniero civil; cabe destacar que la justificación principal es cumplir con el requisito exigido por la ley para optar al título de ingeniero civil.

En el área técnica, la incorporación de fosfoyeso a la mezcla de concreto puede hacer variar sus propiedades, así como darle uso a un material que por mucho tiempo se ha encontrado acumulado en una laguna de almacenamiento y lograr reducir el impacto ambiental ocasionado a causa de no encontrar una solución sobre la disposición final de estos efluentes.

En el área social, sí se logran resultados favorables en relación a la incorporación de estos efluentes procesados en el mortero de concreto se

realizará un aporte muy importante debido a que no solo se estarían mejorando las propiedades del mortero de concreto sino que desde el punto de vista ecológico se contribuiría a la solución del problema de contaminación generado a causa de estos efluentes.

Por otra parte, la empresa PEQUIVEN se vería favorecida con el empleo de los efluentes ya que de esta manera se puede prevenir el colapso de la laguna de almacenamiento donde se encuentra el material, además, la empresa PETROCASAS, también tendría beneficios debido a la utilización de la mezcla de mortero modificada con fosfoyeso en la construcción de las viviendas que actualmente fabrican, lo cual disminuiría los costos de producción y también se establecerían nuevas relaciones comerciales entre ellos y futuras empresas que requieran el uso de los efluentes procesados para la elaboración de mezclas de mortero de concreto.

Agregado a esto, se puede decir que trabajos de investigación como éste servirán para fomentar la iniciativa de proyectos gubernamentales o privados en el país, que tengan como finalidad aprovechar no solo el uso de estos efluentes, sino cualquier otro tipo de desecho proveniente de la industrialización, y no sólo para agregarlo al mortero de concreto sino para cualquier otro producto.

Alcance

El siguiente trabajo especial de grado contempla el estudio de las posibles influencias generadas en la resistencia a compresión del mortero de concreto tradicional, al sustituir de la mezcla, el cemento o arena, total o parcial, por fosfoyeso, además se busca generar una tecnología innovadora en la dosificación del mortero de concreto empleado para el

relleno de los perfiles fabricados por PETROCASA, utilizados para la construcción de las viviendas.

Limitaciones

- El diseño de las mezclas será proporcionado por la empresa PETROCASA.
- Sólo se ensayaran mezclas con un determinado contenido de fosfoyeso.
- Los métodos de ensayos de este trabajo se basaran y se regirán bajo la acción de las normas venezolanas COVENIN.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

El presente capítulo contiene reseñas de estudios e investigaciones nacionales realizadas en el área del proceso de análisis del comportamiento de la mezcla de mortero, así como también la documentación teórica utilizada para su desarrollo.

Castillo y Tovar (2009). En su trabajo de investigación que lleva por nombre: “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de morteros elaborados con un subproducto generado en el proceso de obtención del ácido fosfórico (Fosfoyeso) como sustituto parcial del cemento” establecen la evaluación de las principales propiedades físico-mecánicas de un subproducto generado en el proceso de obtención del ácido fosfórico (Fosfoyeso) y de morteros de cemento con sustituciones parciales del 5,10, 15 y 20% de Fosfoyeso por cemento en su estado fresco y endurecido. Dicho Fosfoyeso proviene del complejo petroquímico PEQUIVEN, ubicado en la población de Morón - Estado Carabobo. Se realizó un estudio de las propiedades físicas tanto de morteros de cemento portland tipo I y de Fosfoyeso en condiciones seco y calcinado, como en morteros con combinaciones de ambos materiales, en estado fresco, a través de ensayos de consistencia, fraguado y finura. Además se realizó el estudio de las

propiedades físico-mecánicas de dichos morteros en estado endurecido, mediante la realización de ensayos de resistencia a la compresión, absorción y porosidad. Por otra parte, se determinó la concentración de metales potencialmente tóxicos en el Fosfoyeso, estableciéndose que el mismo debe ser estudiado con mayor precisión por expertos en esta área. Se evidenció que en el ensayo a compresión, tanto las mezclas patrón como las elaboradas con sustituciones parciales del 5, 10, 15 y 20% de Fosfoyeso por cemento, no superaron el valor mínimo de la resistencia requerida por la norma para cemento portland tipo I, aunque la mezcla 95% cemento + 5% Fosfoyeso Seco presentó un valor de resistencia superior al de la mezcla patrón, y es la combinación que afecta de manera menos negativa al resto de las propiedades de calidad del cemento. Se concluyó que se puede tomar en cuenta el uso de este material y que deben continuarse investigaciones en esta área para hallarle un uso eficiente, que desde el punto de vista ecológico sería un logro necesario.

Veliz y Pernalette (2011). “Anteproyecto de propuesta de mejoras y reducción de costos. Mortero de cemento-caucho reciclado”. Se recomendó la adición denominada 50% de caucho por obtener una mejor relación entre la densidad, las resistencias mecánicas y la dureza superficial. Como un aporte a la investigación, se confirmó que se puede sustituir la arena lavada por materiales granulares procedentes de residuos, posibilitando, por otra parte, nuevas vías para el reciclaje y los campos en los que inicialmente parece viable su utilización son: relleno de perfiles de PVC para perfiles y losa para viviendas PETROCASA.

González y Ataya (2011). Anteproyecto de propuesta de mejoras y reducción de costos. Mortero de cemento-pet (Polietilen Tereftalato). Al mantener constante la cantidad de cemento y variar la cantidad de arena para agregar el PET, hace que varíe la resistencia a compresión. En cuanto

al aporte dado a la investigación se tiene que para poder realizar un diseño de mezcla óptimo utilizando el PET u otro material como agregado, no se puede sustituir totalmente la arena de la mezcla, ya que al eliminar los agregados finos se pierde mortero y se producen discontinuidades dentro del mismo.

Bases Teóricas

Mortero

Los morteros de cemento se elaboran con arena, agua y cemento. Los morteros se han empleado tradicionalmente para pegar tabiques y en todo tipo de aplanados en muros y techos, sin embargo existen muchas otras aplicaciones en la ingeniería civil que tienen que ver con la necesidad de colocar un material de textura lo suficientemente fina para poder penetrar en pequeños resquicios ya sea para sellar, resanar o nivelar con mucha mayor facilidad de lo que es posible de hacer con los concretos.

Debido a que los morteros no llevan grava son más fáciles de manejar y se consume menos energía en su mezclado y colocación, ya sea manual o por medios mecánicos.

Como se ha mencionado, para hacer un mortero se requiere cemento, arena y agua, estos ingredientes básicos se manejan en proporciones adecuadas según las necesidades de fluidez y resistencia. Los parámetros anteriores pueden ser evaluados mediante pruebas, de manera que es relativamente sencillo controlar la calidad del mortero.

Sin embargo en muchos trabajos el control se deja al albañil, el albañil controla de una manera empírica la calidad de la mezcla, casi siempre atendiendo exclusivamente a la facilidad de colocación del mortero y sin ninguna prueba extra. Esto es un grave error, pues origina una gran variabilidad en el material.

Además, contrario a la creencia de que el costo de los morteros es bajo, debe considerarse que en ellos se consume más cemento por unidad de volumen de lo que se puede consumir en muchos concretos de uso común, ya que por el simple hecho de emplearse exclusivamente arena como agregado, es necesario consumir altos volúmenes de pasta (cemento + agua) para rodear las partículas, esto debido a la gran superficie específica que ofrecen las arenas. (Anónimo 3, 2010)

Tipos de Mortero

Morteros de cal

Están fabricados con óxido de calcio (cal), arena y agua, tiene la gran ventaja de que es fácil de aplicar, y es flexible y untuoso. No obstante, es menos resistente e impermeable que el mortero de cemento. La cal puede ser aérea o hidráulica, diferenciándose porque la hidráulica tiene un pequeño porcentaje de silicatos, lo que la hace más recomendable para su uso en ambientes húmedos.

Los morteros con cal retienen la humedad por más tiempo, permiten que finalice el ciclo de fraguado de la mezcla, y aseguran así, la calidad final del trabajo. Sin agua libre en la superficie de la mezcla, la mampostería (bloques,

ladrillos) entran en contacto pleno con el mortero, alcanzan una óptima adherencia y el máximo grado de resistencia. (Anónimo 4, s/f)

Mortero de Yeso

Es aquel elaborado a base de Yeso, Arena y Agua. Es menos resistente que otros morteros pero endurece rápidamente. Normalmente no se utiliza para levantar tabiques de división interior; se emplea con mayor frecuencia para fijar elementos de obra.

Nunca debe aplicarse en labores de enfoscado o revoco sobre paramentos en los que se presume la existencia de humedades (cuartos de baño, aseos, sector de fregadero en las cocinas, entre otros), ya que el yeso tiene una gran capacidad de absorción, por lo que puede almacenar una gran cantidad de agua. (Anónimo 5, s/f)

Morteros con aditivos

“Se denominan de esta forma a aquellos morteros a los que se ha añadido una serie de productos de origen orgánico o inorgánico que pueden proporcionarles características especiales, tales como fluidificantes, activadores o retardadores del fraguado, anticongelantes, hidrófugantes, entre otros, así como lograr que sean expansivos u obtengan una coloración determinada”. (Cuellar, 2011)

Propiedades de los morteros.

Tiempo de fraguado

“El tiempo de fraguado es un periodo en el cual mediante reacciones químicas del cemento y el agua conducen a un proceso, que mediante diferentes velocidades de reacción, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, estos en la pasta de cemento generan que este endurezca y aglutine al agregado de la mezcla de concreto, y se ponga fuerte y denso, adquiriendo de este modo una cierta resistencia”. (Gabalec, 2008)

Mercedez, (s/f) agrega que:

Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

El fraguado inicial es el tiempo transcurrido desde la adición del agua hasta alcanzar el estado de plasticidad y semi-dureza, durante este tiempo la pasta se deforma fácilmente por la acción de pequeñas cargas. Se mide con el aparato de Vicat. Este significa, el tiempo de que disponemos para fabricar, transportar, vibrar y colocar el concreto en las obras.

El fraguado final va desde el fraguado inicial hasta que la pasta se endurezca y se vuelva indeformable, en este lapso se produce la unión con los agregados en una mezcla de concreto. Se desarrolla toda la resistencia mecánica del cemento a los 28 días.

La determinación de estos dos estados, cuyo lapso comprendido entre ambos se llama tiempo de fraguado de la mezcla, es muy poco precisa y sólo debe tomarse a título de guía comparativa. Este tiempo es de suma importancia debido a que nos permite obtener el tiempo aproximado disponible para realizar los diferentes procesos de colocación de la mezcla.

Resistencia a la compresión

La resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento, la estructura que se logra, integrada por los granos de arena rodeados por la pasta de cemento que se endurecen poco a poco convirtiéndose con el tiempo en una piedra artificial.

Los investigadores han llegado a correlacionar de manera exhaustiva la resistencia del mortero (kg/cm^2) con la relación por peso entre el agua y el cemento, esta relación se denota por a/c .

La resistencia de los morteros de cemento se evalúa por medio de ensayos de compresión, se emplean cubos de mortero de $5 \times 5 \times 5$ cm aproximadamente elaborados de acuerdo a la norma COVENIN 484-93.

La resistencia de los morteros se correlaciona también con otras propiedades en estado endurecido como son: la densidad, la permeabilidad, la contracción por secado, el módulo de elasticidad, la capacidad a flexión, expresada por medio del módulo de ruptura resultado de ensayar vigas de mortero apoyadas libremente y con carga al centro del claro y la adherencia.

La resistencia a la compresión es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con

mampuestos. La resistencia debe ser lo mas elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. (Anónimo 6, 2010)

Agregados

Rivera (s/f) establece que:

Son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del mortero de concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del mortero de concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento.

En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento. (p.41)

Los agregados tienen una acción determinante sobre las características del mortero tanto en estado plástico como en estado endurecido que en muchos casos modifica la estabilidad de la estructura. En estado plástico la

arena y la pasta actúan como lubricante de las partículas más gruesas para que el mortero pueda ser mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado en forma adecuada.

“Durante el proceso de fraguado la pasta experimenta una pérdida de humedad que origina una contracción generalmente va acompañada con la aparición de grietas. Con la introducción de los agregados a la pasta se forma un enlace de tal manera que se genera una superficie de adherencia que disminuye los cambios de volumen y se disminuye el volumen total que pueda sufrir por contracción”. (Anónimo 7, s/f)

Granulometría

Es la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

En toda aplicación de los agregados, hay que fijar unos límites inferiores y superiores que dan un entorno dentro del cual están comprendidos los tamaños útiles de los agregados para esa aplicación en morteros de concreto. A estos límites se les denomina husos granulométricos.

Los agregados deben estar formados por partículas de diversos tamaños, de tal manera que los granos mas gruesos sigan a otros un poco menores y así sucesivamente hasta llegar a las partículas mas finas, cuyo tamaño se enlaza con el de las partículas más gruesas del cemento.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Para agregados con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración normalizadas. Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

El análisis granulométrico es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de los agregados para ser utilizados en una mezcla de concreto, depende de este análisis, puesto que una buena granulometría garantiza el aumento de la densidad del concreto, una buena trabajabilidad, aumento de la resistencia del concreto, disminución del consumo del cemento, entre otros. (Anónimo 8, s/f)

Elementos activos

Agua para morteros

El agua es un componente esencial en las mezclas de morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada

de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

Por otra parte está el agua de curado, el cual tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua. (Anónimo 9, 2009)

Cemento

“Es una mezcla de calizas y arcillas pulverizadas a grandes temperaturas, con adición de yeso que al entrar en contacto con el agua, desarrolla la capacidad de unir fragmentos de grava y arena, para formar un sólido único o piedra artificial, conocida con el nombre de concreto hidráulico”. (Peña, 2005, p.16).

El cemento constituye solo un 10% a un 20% del peso del mortero, siendo el 80% a 90% de materiales restantes que condicionan la posibilidad de que se desarrollen las propiedades del mortero.

Dosificación del mortero

Los morteros pueden dosificarse por peso o por volumen, debiéndose conciliar una gran cantidad de factores que hacen verdaderamente imposible definir un método de diseño de mezclas con validez universal, ya que si el método proviene de datos estadísticos generados con mezclas de ensaye, no existe ninguna garantía de que los materiales usados en dichos ensayos sean similares a los que el usuario del método tendrá a su alcance.

Por otro lado los métodos eminentemente teóricos tampoco son aplicables pues carecen de validez real. Lo más aconsejable es generar mezclas representativas por medio de ensayos de laboratorio, para esto se deben emplear los materiales disponibles pero adecuados para el trabajo, también se debe tratar de simular las condiciones ambientales que regirán en la obra, y finalmente, se deben realizar los ajustes de campo necesarios para controlar la calidad del producto final. (Anónimo 10, 2010).

Curado

“El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean remplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia

dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia”. (Anónimo 11, 2012)

El objetivo principal por el cual se realiza el curado es para alcanzar una resistencia adecuada, se han realizado pruebas de laboratorios que demuestran que un concreto en un ambiente seco puede llegar a perder hasta el 50% de su resistencia potencial comparado con uno similar en condiciones húmedas, otro factor que no podemos olvidar es la temperatura, a pesar que un concreto vaciado a altas temperaturas gana una resistencia rápida en edades temprana esta resistencia puede reducirse con el tiempo.

Otro punto importante es la durabilidad que un curado correcto le aporta al concreto, el concreto en óptimas condiciones de humedad tendrá mejor dureza superficial y resistirá el desgaste y la abrasión, otro punto a favor es que un correcto curado hace que el concreto sea impermeable al agua lo cual aumentara la vida de servicio no solamente del concreto sino de la misma estructura. (Moore, 2011)

“Los procedimientos de curado se agrupan en tres grandes categorías, aquellos que previenen o impiden la evaporación del agua por interposición de un medio húmedo, aquellos que tratan de impedir o reducen la pérdida de agua por interposición de un medio impermeable el cual controla la evaporación y aquellos que aceleran el desarrollo de resistencia por aplicación artificial de calor, mientras el concreto es mantenido en condición húmeda”. (Jacome, 2008)

El Fosfoyeso

El fosfoyeso es un subproducto de color blanco derivado de procesos industriales en los cuales la materia prima empleada son principalmente minerales de alto contenido de roca fosfática. Entre los procesos industriales más conocidos que generan este subproducto se encuentra la producción de ácido fosfórico y óxido de fósforo para su uso en la fabricación de fertilizantes.

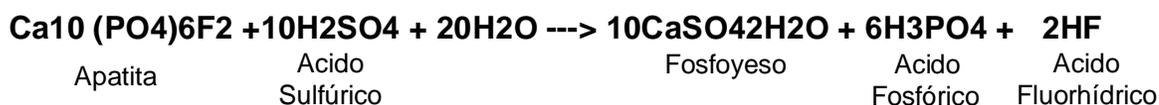
El fosfoyeso procedente de la producción industrial de ácido fosfórico, se obtiene mediante ataque de roca fosfática con ácido sulfúrico en un reactor agitado. Este reactor se quiere que opere a 70 °C y con una concentración de ácido del 30 % (expresado como P_2O_5). Junto con el ácido se forma sulfato de calcio dihidrato (yeso) con contenidos variables de fases verdosas de fosfato de hierro (vivianita, $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$) y residuos puntuales de fosfatos de cobre (hasta el 70% de sampleita ($NaCaCu_5[PO_4]_4Cl \cdot 5H_2O$)) que se caracterizan por un color azul intenso.

La materia prima para el proceso de producción de ácido fosfórico es la roca fosfatada, de origen sedimentario, que tiene concentraciones naturales de uranio y torio. La concentración final de uranio y radio en el fosfoyeso viene dada por las características propias de la roca fosfática. Dependiendo de la procedencia de este mineral, tendrá más o menos cantidad de elementos radiactivos. La roca fosfática procedente del mar tiene más concentración de uranio y radio por estar estos elementos en el agua marina.

El fosfoyeso ha pasado a ser un problema, pues su excesiva producción mundial anual, no se relaciona con su consumo y reciclaje, que no sobrepasan el 9% de lo producido, causando o tendiendo a un desfavorable impacto ambiental. (Anónimo 12, 2011)

Composición y propiedades del fosfoyeso

La roca fosfática (minerales del tipo apatita, fosfato de calcio con proporciones variables de carbonatos y fluoruros), es digerida con ácido sulfúrico y agua para producir ácido fosfórico:



La roca fosfática y el ácido son circulados en tanques de reacción en condiciones favorables de tiempo y temperatura para la reacción y la formación de los cristales de yeso, los cuales son filtrados, lavados y bombeados como una suspensión para lagunas donde el fosfoyeso se decanta. Se ha señalado que la cantidad de fosfoyeso producida por unidad de ácido fosfórico varía de 4 a 6 toneladas de P₂O₅ producido, dependiendo de la composición de la roca que le dio origen. El sulfato de calcio dihidratado o fosfoyeso (CaSO₄·2H₂O), tiene una composición teórica de 32,6% de CaO y 18,7% de Azufre. En adición contiene de 0,2 - 1% de fósforo y 0,25 - 1% de flúor, dependiendo de la eficiencia en el proceso de manufactura. Su solubilidad en agua es de 2,04 g/L, cerca de 150 veces mayor que la de la cal agrícola y aumenta con la relación extractor/producto. En la tabla N° 1 se presentan los análisis químicos típicos de los principales constituyentes del fosfoyeso de PEQUIVEN. (Silva, 2010)

Tabla 1.

Parámetros considerados en el control de calidad del Fosfoyeso elaborado en el complejo petroquímico Morón.

COMPONENTE	VALOR PROMEDIO
Aluminio (ppm)	2000
Calcio (% CaO)	15
Carbonatos (%)	35
Magnesio (ppm)	40
Sulfatos (%)	30
Cloro (mg/L)	500
% P ₂ O ₅ Soluble en agua	0,85
% Humedad	11,69

Fuente: Ivaneth Silva

Uso del fosfoyeso

Según el Centro de estudio y experimentación de obras públicas de España (2010):

La mayor parte de los fosfoyesos que se generan en el mundo se deposita en balsas de decantación, sin tratamiento, lo que puede representar una fuente potencial de contaminación medioambiental (suelos, agua y atmósfera). Existen por tanto grandes almacenamientos históricos de estos residuos, generalmente en zonas costeras y próximas a núcleos de población, debido a la ubicación de las plantas de producción de ácido fosfórico.

La tecnología para la utilización del fosfoyeso se ha desarrollado principalmente en países con escasos recursos naturales de yeso o escasas zonas de almacenamiento para el residuo. Japón y Austria reutilizan

prácticamente el 100% del fosfoyeso. En esta reutilización es muy importante la proximidad de las industrias en donde se produzca el reproceso debido a la influencia negativa de los costes de transporte.

En general, se estima que tan solo el 15% de la producción mundial de fosfoyesos se utilizan en agricultura, en tableros de yeso y en la industria del cemento. Las aplicaciones del fosfoyeso que se están empleando a nivel mundial son las siguientes:

- ✓ El 70% del fosfoyeso reprocesado, se utiliza en la fabricación de tableros de yeso. En este caso es necesario eliminar la mayoría de las impurezas solubles del fosfoyeso, ya que una pequeña cantidad de ellas afecta de manera significativa al tiempo de fraguado y a la resistencia del yeso.

- ✓ El 19% del fosfoyeso reprocesado, se utiliza en la fabricación del cemento, si bien es necesario eliminar las impurezas orgánicas, como los fosfatos, que afectan a la calidad del cemento, en particular al tiempo de fraguado y de endurecimiento. La eliminación de las impurezas se consigue a través de modificaciones de los procesos de fabricación de ácido fosfórico y procesos de limpieza suplementarios. Añadiendo entre 3% y 5% de fosfoyeso reprocesado se retrasa el tiempo de fraguado del cemento, contrarresta la retracción, proporciona un amplio desarrollo de la resistencia inicial y alta resistencia a largo plazo.

- ✓ El 7% del fosfoyeso reprocesado se utiliza en la agricultura como nutriente, de las siguientes formas:

- Para la recuperación de suelos salinos

- Para el tratamiento de suelos ácidos

- Para mejorar la infiltración de agua
- Para reducir la costra en suelos meteorizados

- ✓ Un porcentaje muy bajo, próximo al 3% de fosfoyeso, se utilizó en la recuperación de azufre, pero actualmente no existe ningún proceso de recuperación en funcionamiento.

- ✓ De manera experimental se ha utilizado el fosfoyeso en diferentes unidades de obra en carreteras.

Actualmente en Venezuela no se dispone de experiencias prácticas en el uso del fosfoyeso, pero se han venido realizando diferentes estudios pensando en la posibilidad de desarrollar su potencial como material en diferentes áreas, tales como la construcción y la agricultura.

Sistema Constructivo de PVC Petrocasa

Petrocasa es una empresa mixta de Pequiven que creó un sistema constructivo revolucionario e innovador, fundamentado en el ensamblaje de viviendas de concreto con encofrados perdidos basados en una mezcla polimérica de alta tecnología, en la que el Policloruro de Vinilo (PVC), material producido por la corporación petroquímica de Venezuela, es uno de sus componentes principales además del mortero pobre utilizado para rellenar dichos encofrados cuya resistencia está alrededor de los 70 u 80 kg/cm². El sistema ofrece como resultado final, edificaciones de altísima calidad y bajo costo, pues en sus distintas fases de construcción se genera un ahorro del 50% del valor que requiere una vivienda tradicional. El ahorro

en el costo se genera al no ser necesario el uso de bloques, columnas de concreto, frisos ni pintura en ninguna de las partes de este modelo habitacional. (Vizcaya, 2009).

Evaluación estadística

El mortero es un material esencialmente variable, en cuanto a la calidad de los materiales componentes del mismo, de las dosificaciones de mezclado y de las operaciones de mezclado, transporte, curado y colocación. Es por esto que para cada dosificación se debe verificar que mantenga las características previstas, considerando que siempre estará presente una cierta variabilidad en sus propiedades. La forma más eficiente para considerar y manejar la variabilidad del mortero es mediante el empleo de procedimientos estadísticos.

La estadística es una ciencia que estudia la recolección, análisis e interpretación de datos de una muestra representativa, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar condiciones regulares o irregulares de algún fenómeno o estudio aplicado, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional.

Parámetros estadísticos

- **Desviación estándar (σ):** representa el índice de la dispersión del conjunto de datos con respecto al valor promedio, la cual puede ser interpretada como una medida de incertidumbre. (Ver Tabla N°2).

Tabla 2Desviación estándar σ , de esperar en el concreto según el grado de control

Grado de Control	Kgf/cm²
- Sin ningún control.	70
Control visual de los agregados y rechazo de aquellos q aparentan muy mala calidad o que son muy diferentes a los que se están usando. Control visual de mezcla por la trabajabilidad aparente.	50
- Como el anterior pero se conocen la granulometría de los agregados que se están usando, por ensayos que se hicieron una vez, se es riguroso en el rechazo de agregados y se comprueban de vez en cuando el asentamiento de las mezclas en el cono de abrams.	40
- Humedad de los agregados. Se tiene en cuenta la marca y lote de cemento. La dosificación es exclusivamente por peso; los sistemas de pesaje son automáticos y se calibran de vez en cuando. El asentamiento en el cono se mide sistemáticamente y se rechazan las mezclas que no estén dentro de ciertos límites. No se permite la adición de agua posterior al mezclado ni al espesamiento de las mezclas por tiempo de espera.	35
- Al igual que el anterior, pero con márgenes de aceptación muy estrictos. Uso de no menos de tres agregados de granulometría complementarias. Limitación de la humedad de los agregados en el momento de su uso y correcciones por humedad, lote y marca de cemento y aditivo, en base a la dosificación del diseño.	25

Fuente: Norma COVENIN 1976:2003: "Concreto. Evaluación y Método de ensayo".

- **Error máximo (E):** error máximo o diferencia entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real, resultante de ensayar.
- **Máximo error o diferencia entre el promedio muestral y el real (e).**
- **Coefficiente de variación (V):** es una medida de dispersión útil para comparar dispersiones a escalas distintas, igualmente equivale la razón entre la media aritmética y la desviación estándar.
- **Tamaño de muestra (n):** numero de elementos de la muestra.
- **Nivel de probabilidad (α):** representa la confiabilidad de las muestras.
- **Parámetro de la t-student (t):** parámetro que depende del número de grados de libertad (n-1) y un nivel de probabilidad dado (α). (Ver Tabla N°3).

Tabla 3.

Valores de t de Student para varios niveles de Probabilidad y fracciones defectuosas.

Numero de muestras menos uno (n-1)*	Porcentaje de ensayos en el rango X				
	60	80	90	95	98
	Probabilidad de caer por debajo del límite				
	20%	10%	5%	2.50%	1%
1	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821
2	1,061	1,886	2,92	4,303	6,956
3	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541
4	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747
5	0,92	1,476	2,015	2,571	3,356
6	0,906	1,44	1,943	2,447	3,143
7	0,896	1,415	1,895	2,356	2,998
8	0,889	1,397	1,86	2,306	2,896
9	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821
10	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764
15	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602
20	0,86	1,325	1,725	2,086	2,528
25	0,856	1,316	1,708	2,06	2,485
30	0,854	1,31	1,697	2,042	2,457
∞	0,842	1,282	1,645	1,96	2,326
*Grados de Libertad	(α) Nivel de Probabilidad				
(FD) Fracción Defectuosa					

Fuente: Martinez, Marino (1984).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación

Para establecer el tipo de investigación que se realiza, el investigador debe profundizar en el grado de objeto o fenómeno que se desea estudiar. Cuando se aborda un tema de investigación es necesario saber cuál es el nivel de dificultad, para poder atacarlo de manera sistemática con las posibles soluciones a este problema.

El tipo de investigación realizada es descriptiva, la cual está definida por Sampieri Roberto (1997):

“...Las investigaciones descriptivas buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar” (p. 60).

Así mismo Arias G. Fidas (1999) expresa que

“...Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación” (p. 20).

De acuerdo a lo antes mencionado la investigación corresponde al tipo descriptivo, ya que se busca evaluar la resistencia del mortero modificado con fosfoyeso, siendo esta una de las propiedades mecánicas más importantes del mismo.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es una estrategia que adopta el investigador, como forma de abordar un problema determinado que generalmente se traduce en un esquema o gráfico, conformado por un conjunto de actividades, sistemáticamente organizadas en función de orientar las pruebas y técnicas a instrumentar para recolectar, procesar y analizar la información, lo que a su vez permite, responder las preguntas de investigación, alcanzar los objetivos, medir las variables y comprobar la hipótesis.

El diseño de la investigación corresponde a una de campo, el cual está definida por UPEL, J (1998), como:

“...El análisis sistemático de problemas de la realidad con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores contribuyentes, explicar sus causas y efectos y predecir su ocurrencia”.

La investigación realizada es de campo, ya que está basada en la recolección de datos, proveniente de ensayos realizados en laboratorio.

Población y Muestra

Según Balestrini (2006) se entiende por población "...cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar, alguna o algunas de sus características" (Pág. 122).

"...La muestra es en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población" (Pág. 141).

Cálculo estadístico para determinar el número de muestras

Para determinar el tamaño de la muestra se emplean métodos estadísticos que arrojen un tamaño de muestra realmente representativo y que garantice un elevado nivel de confiabilidad, para darle mayor validez a la investigación.

Partiendo de la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{t \times S}{E} \right)^2$$

De la cual algunas de estas variables se fijaron de común acuerdo con los asesores del trabajo, y otras fueron tomadas de las Normas, dando como resultados los siguientes valores:

$$E = 15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = 90\%$$

En principio tanto para el caso de las mezclas como de los cubos se asumió el parámetro $(n-1)=\infty$, pensando en un número elevado de muestras y procesos de control continuo.

De esta manera y con $\alpha= 90\%$ y $(n-1)=\infty$, se encontró que:

$$t = 1.645$$

Esto da para el número de mezclas un total de:

$$n = \left(\frac{1.645 \times 30}{15} \right)^2 = 10.8241 \approx 11 \text{ mezclas}$$

Como se puede apreciar es un número elevado de mezclas por cada dosificación, debido a que son 7 esto extendería considerablemente los tiempos de ejecución de los ensayos, debido a que no se cuentan con suficientes moldes para realizar las probetas.

Para resolver este problema se hizo necesario calcular el nivel de confianza del trabajo, estableciendo un número de mezclas menor.

Fijando el número de mezclas en 7 se procede a determinar el porcentaje de confiabilidad.

$$t = \left(\frac{\sqrt{7} \times 15}{30} \right) = 1.3228$$

Empleando la tabla nº 3, para $(n-1)=6$ y por medio de interpolación grafica se obtiene un nivel de confianza de 76%, valor que se consideró aceptable al ser consultado con el tutor.

A partir de la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{t \times V}{e} \right)^2$$

Donde:

$V = 5\%$ (Valor recomendado por el tutor)

$e = 7\%$ (Valor recomendado por el tutor)

$$n = \left(\frac{1.3228 \times 5}{7} \right)^2 = 0.8928 \approx 1 \text{ muestra (3 Cubos)}$$

Finalmente la población viene representada por 7 mezclas para cada dosificación, ejecutándose así 49 mezclas de las cuales se tomara 1 muestra que estará comprendida por 3 cubos, para un total de 147 cubos.

Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Arias (2006), define técnica como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (pág. 67), y a los instrumentos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (pág. 69). En el presente trabajo de investigación, se emplearon distintas técnicas de recolección de datos y los instrumentos que mejor se adapten al tipo de técnica.

Revisión Bibliográfica

Se realiza una búsqueda bibliográfica de material relacionado con el tema, ya sean: libros, trabajos especiales de grado, revistas y páginas web. Otra fuente de investigación son todas aquellas entrevistas y consultas realizadas a personas que poseen el conocimiento y la experiencia acerca del tema que se está tratando.

Selección de los Materiales

Todos los materiales empleados fueron suministrados por la empresa PETROCASA y transportados hasta el laboratorio de materiales y ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo por personal de la empresa.

Fosfoyeso

El material proviene directamente del Complejo Petroquímico Morón, y fue entregado en bolsas plásticas.

Se nos fue suministrado un fosfoyeso denominado por la empresa PETROCASA como “patrón” en estado seco y otro fosfoyeso denominado “oriente” previamente calcinado.

Cemento

El cemento empleado es Portland Tipo I, elaborado por la Corporación Socialista de Cemento.

Agregados

El agregado utilizado se encontraba en bolsas plásticas debidamente selladas con un contenido aproximado de 20 Kg, e identificado como arena lavada proveniente de la empresa Mezclilla San Andrés C.A. Para garantizar la calidad del agregado se le realizaron una serie de ensayos.

Ensayos a los agregados

Uno de los aspectos más importantes para la preparación de morteros de alta resistencia, radica en la calidad de los agregados, para determinar la calidad de los mismos se realizaron una serie de ensayos.

- Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos (COVENIN 255/77 – C.C.C.A Ag 2).
- Ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico (COVENIN 256/77 – C.C.C.A Ag 3 – ASTM C40).

- Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas (COVENIN 261/77 – C.C.C.A Ag. 8 – Ensayo N° 3 del manual de ensayos en el campo de agregados para concreto).
- Ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos (COVENIN 259/78 – C.C.C.A Ag. 6).
- Ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo # 200 en agregados minerales (COVENIN 258/77 – C.C.C.A Ag. 5).
- Ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados (COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A Ag 4-68).
- Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.A Ag. 15).
- Ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino (C.C.C.A Ag. 19).

Se debe acotar que debido a que el agregado fino utilizado, se encontraba en bolsas de 20 kg. se realizaron cada uno de estos ensayos de manera individual para cada bolsa de arena, a pesar de que a simple vista presentaban características similares.

Equipos

- Taras de aluminio.
- Pala.
- Horno.
- Balanza Digital.
- Tamices.
- Tamizadora para agregado fino
- Cuchara de Albañil.
- Moldes de 5x5x5 (cm).
- Barra Compactadora.
- Cronometro.
- Maquina de Ensayo de Resistencia a la Compresión.
- Suplementos.

Preparación de Mezcla

Cantidades

Se pesaron cada una de las proporciones de fosfoyeso, cemento, arena y agua requerida por la dosificación haciendo uso de una balanza electrónica. La arena utilizada fue seleccionada por cuarteo.

Preparación de los Moldes

Se cubren cada una de las caras interiores de los moldes con una delgada capa de aceite mineral, luego se ensamblan los moldes y se eliminan los excesos de aceite.

Mezclado

Se realizó con una mezcladora automática siguiendo una secuencia para agregar cada uno de los componentes de la mezcla, primero se colocaba aproximadamente la mitad de la arena con la mitad del agua y se encendía la mezcladora y se iba agregando el fosfoyeso hasta lograr una buena consistencia de mezclado, luego se terminaba de agregar el agua y la arena y se procedía con el fosfoyeso poco a poco hasta acabar, se aumentaba la velocidad de mezclado y al termino de aproximadamente 2 minutos se apagaba la mezcladora y se dejaba reposar la mezcla, la cual inicialmente era suficientemente fluida. Luego se activaba un cronometro con la finalidad de medir el tiempo en que la mezcla aún podía ser moldeable con facilidad, una vez que la mezcla perdía esta característica se detenía el cronometro y se tomaba el tiempo en minutos, esto se realizó porque necesitamos medir de alguna manera el tiempo disponible para rellenar los paneles en campo, debido a que asesores de la empresa PETROCASA, por experiencia previa, nos informaron que el material se endurecía de inmediato.

Vaciado

Se realizó en 2 capas las cuales se compactaban haciendo uso de una barra compactadora de cara plana, una vez vaciada y compactada la última

capa se enrasaba y alisaba la superficie de las probetas, con ayuda de una cuchara de albañil y se le daban golpes a los lados para que el aire atrapado subiera a la superficie y así evitar problemas de compactación, pasada las 24 horas se desencofraban y se colocaban las probetas en una superficie segura.

Curado

El curado se realizó sólo para las probetas de cemento, arena y agua, debido a que las probetas con fosfoyeso se deshacían una vez sumergidas en agua.

Descripción del ensayo

El ensayo es realizado según lo establecido en la norma COVENIN 484-93. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8 mm de lado (3ra revisión).

Pasado los 28 días, se procedía a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, para el cual se debía preparar la maquina colocando una cantidad de suplementos, para que el pistón de la maquina lograra aplicar la carga sobre la superficie de los cubos, luego se comenzaba aplicar la carga sobre el cubo hasta su rotura y se registraba el valor de la carga máxima.

Finalmente la resistencia a la compresión de cada cubo se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{P}{A}$$

Siendo:

R= resistencia a la compresión (kg/cm²).

P= carga máxima aplicada (kg).

A= área de la sección transversal del cubo (cm).

Finalmente como criterio de aceptación y rechazo la norma COVENIN 484-93 que las probetas que difieren en más del 10% del valor promedio de todas las probetas elaboradas de la misma muestra y ensayadas a la misma edad no deben ser consideradas para el cálculo de la Resistencia a la Compresión

Análisis de Datos

Según Tamayo y Tamayo (2004), en la técnica de análisis o procesamiento de la información recolectada “se trata de especificar el tratamiento que se dará a los datos: ver si se pueden clasificar, codificar y establecer categorías precisas con ellos”. (p.126).

Para efectos de este trabajo se realizaron tablas resumen del diseño empleado para cada una de las muestras, donde se resaltaban las características del agregado fino, así como la corrección higroscópica aplicada al diseño.

Además una vez ensayadas las probetas se procedía a transcribir la información obtenida en tablas de Excel de manera ordenada, diferenciando los valores de resistencia obtenidos para cada una de las mezclas y la dosificación empleada.

Y finalmente se realizaron gráficos de barra para comparar los resultados de resistencia entre los dos tipos de fosfoyeso utilizados.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Agregados

Es necesario mantener un buen control de calidad del material durante el periodo de utilización, lo cual se hace realizando ensayos repetidos a lo largo del tiempo. La frecuencia de realización de estos ensayos, depende de la variabilidad del material, ya que deben ser analizados ante cualquier cambio que se observe.

Los índices de control rutinarios para la clasificación del agregado son: la granulometría, la absorción y la humedad. El primer control se realiza con la finalidad de determinar si el agregado se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma y los dos segundos para realizar la respectiva corrección higroscópica en el diseño de la mezcla que garanticen la calidad final del producto. También es necesario determinar el peso específico del agregado.

Debido a la limitación de almacenamiento del material, se presentó la necesidad de mantener el agregado en su saco de procedencia, utilizando en los estudios realizados 3 sacos diferentes, lo cual no garantizaba que las características presentadas en cada una de ellas fuera la misma, por lo tanto, se realizaron los ensayos pertinentes en cada ocasión.

Mezcla C1, Arena N°1.

- Granulometría. Este ensayo se realizó aplicando la norma: COVENIN 255/77 – C.C.C.A. Ag 2. “Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos”.

Tabla 4.

Limites del porcentaje que pasa superior e inferior establecidos en la Norma COVENIN.

Norma COVENIN (255-77)			
N° Tamiz	Diámetro (mm)	% que pasa (inferior)	% que pasa (superior)
# 4	4.76	85.00	100.00
# 8	2.38	60.00	95.00
# 16	1.19	40.00	80.00
# 30	0.60	28.00	60.00
# 50	0.21	8.00	30.00
# 100	0.15	2.00	10.00
PLATO	0.000	1.00	0.00

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Tabla 5.

Granulometría. Arena N° 1.

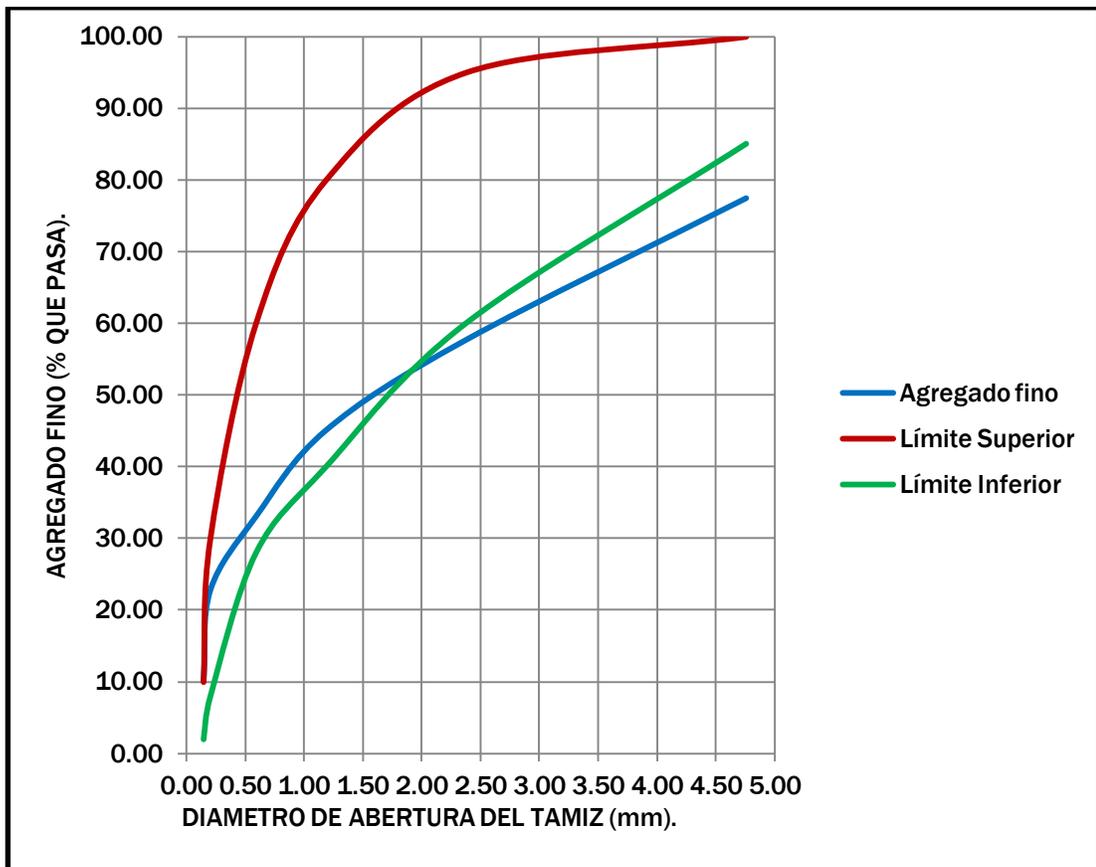
Peso inicial (gr): 489.26.

N° Tamiz	Diámetro (mm)	Peso del Tamiz (grs)	Peso del Tamiz + Peso Retenido (grs)	Peso Retenido (grs)	% de Peso Retenido	% de Peso Retenido Acumulado (grs)	Peso que Pasa	% de Peso que Pasa
# 4	4.76	563.52	673.17	109.65	22.52	22.52	377.17	77.48
# 8	2.38	548.58	644.76	96.18	19.76	42.28	390.64	57.72
# 16	1.19	501.53	562.88	61.35	12.60	54.88	425.47	45.12
# 30	0.60	375.58	434.07	58.49	12.01	66.90	428.33	33.10
# 50	0.21	488.33	538.28	49.95	10.26	77.16	436.87	22.84
# 100	0.15	467.22	528.50	61.28	12.59	89.75	425.54	10.25
PLATO	0.000	442.17	492.09	49.92	10.25	100.00	436.90	0.00
			Σ	486.82	100.00	453.49		

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Modulo de Finura: 3.53

Error: 0,50%



Gráfica 1: **Curva granulométrica. Arena N°1.**

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

4.2.- Diseño de la mezcla.

Para la ejecución de las mezclas en el laboratorio de materiales y ensayos, se procedió a utilizar las dosificaciones establecidas en estudios previos realizados en la empresa Petrocasas. (Ver Tabla N° 6)

Tabla 6.

Dosificaciones establecidas por la empresa Petrocasas para realizar los ensayos.

Material	C1	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Petrocemento Patrón (Kg)	0	1.51	1.14	1.14	0	0	0
Petrocemento Oriente (Kg)	0	0	0	0	1.51	1.14	1.14
Cemento (Kg)	1.14	0	0	1.14	0	0	1.14
Arena (Kg)	2.29	0	2.29	1.14	0	2.29	1.14
Agua (Lts)	0.57	2.49	1.14	1.71	2.49	1.14	1.71

Fuente: Silva, Ivaneth 2012

- **C1:** Mezcla de mortero utilizado actualmente para el relleno de perfiles de plástico.
- **PC1:** Dosificación de petrocemento Patrón con agua.
- **PC2:** Sustitución completa del cemento por petrocemento patrón. Se aumento el agua al doble.
- **PC3:** Sustitución del 50% de la arena por petrocemento patrón. Se aumento el agua al triple.
- **PC4:** Dosificación de petrocemento de Oriente con agua.
- **PC5:** Sustitución completa del cemento por petrocemento de Oriente. Se aumento el agua al doble.
- **PC6:** Sustitución del 50% de la arena por petrocemento de Oriente. Se aumento el agua al triple.

Posteriormente se realizó la corrección higroscópica, la cual se define, como la corrección por contenido de humedad al hacer las mezclas, para fines de mantener las proporciones reales del diseño.

Teniendo como datos lo siguiente:

Absorción Arena N° 1= 1,08% Humedad Arena N° 1= 5,26%.

La arena para llegar a la condición de saturada con superficie seca cederá o tomará agua:

$$\text{Arena corregida} = P.\text{arena} \times \frac{\text{Hum.A} - \text{Abs.A}}{100 + \text{Abs.A}}$$

$$\text{Arena corregida} = 2290 \times \frac{5,26 - 1,08}{100 + 1,08}$$

Arena corregida= 94,70 ml de agua.

La arena cede agua, por ende se debe restar dicha cantidad al agua como agregado de la mezcla, siendo que la humedad del agregado es mayor que la absorción del mismo.

Arena = 2195,3 gr.

A su vez, la cantidad de agua que será añadida a la mezcla deberá corregirse, en consecuencia:

Agua corregida = Agua – Arena corregida.

Agua corregida = 570 – 94,70.

Agua = 475,3 ml.

Finalmente se desea establecer una relación entre las dosificaciones planteadas y la cantidad de muestras a estudiar según el análisis estadístico.

Debido a las pérdidas del agregado y la realización de estudios de control de calidad al mismo, las dosificaciones planteadas fueron establecidas para realizar una muestra por cada dosificación, siendo un total de 7 muestras; por consiguiente las proporciones finales de los agregados son:

Tabla 7.

Proporciones finales de la Mezcla C1 con la Arena N°1.

Proporciones finales para 2 muestras.		
Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,39	0,95

Fuente: Loyo, Lozada 2.012

Nota: El resto de las proporciones se encuentran en los anexos **(desde Anexo N° 4 hasta Anexo N° 10)**

Resistencia a la Compresión

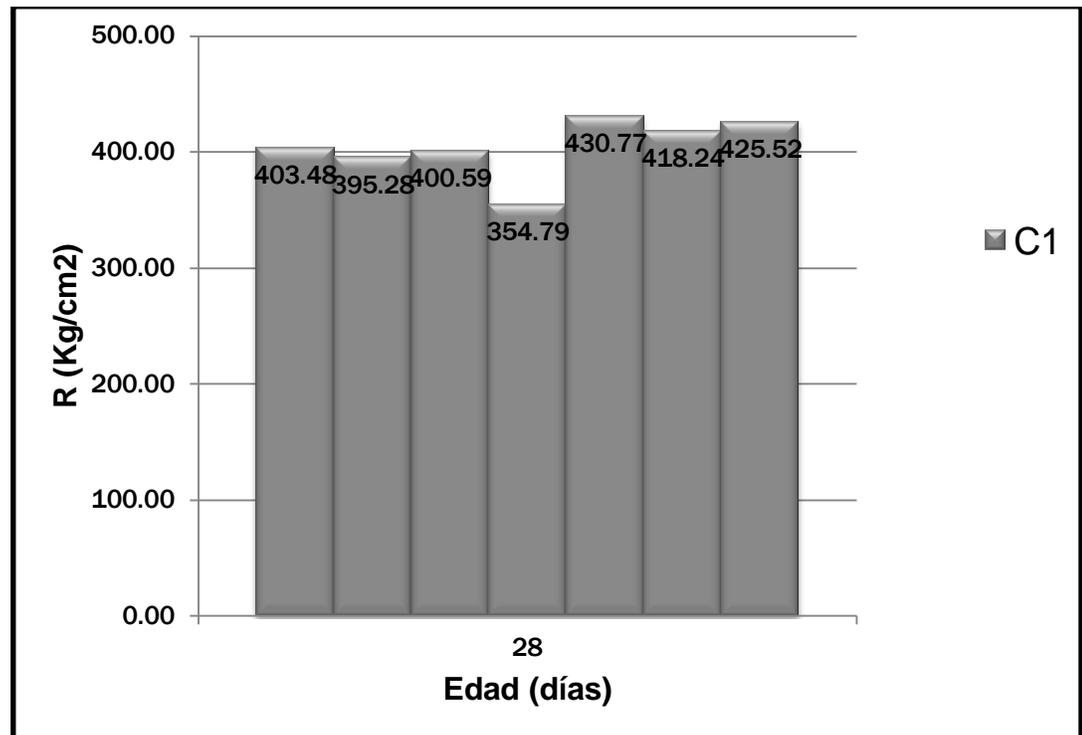
A continuación se presentan los resultados definitivos de los ensayos a compresión realizados para cada dosificación C1, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 y PC6 donde se describen cada una de las 7 mezclas y los parámetros estadísticos derivados para cada una de ellas, que vienen dado por cada uno de los cubos ensayados.

Tabla 8.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas C1.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	\bar{R} (Kg/cm ²)	Criterio	\bar{R} (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
29/03/2012	26/04/2012	297.77	11215	441.54	403.48	ACEPTAR	403.48	36.96	9.16
		303.58	9340	367.72		ACEPTAR			
		293.43	10190	401.18		ACEPTAR			
10/04/2012	11/05/2012	291.08	9930	390.94	395.28	ACEPTAR	395.28	28.40	7.18
		298.38	10810	425.59		ACEPTAR			
		296.47	9380	369.29		ACEPTAR			
10/04/2012	11/05/2012	293.8	10290	405.12	373.29	ACEPTAR	400.59	6.40	1.60
		292.54	8095	318.70		RECHAZAR			
		298.11	10060	396.06		ACEPTAR			
02/06/2012	23/06/2012	286.47	8830	347.64	354.79	ACEPTAR	354.79	6.23	1.76
		290.66	9120	359.06		ACEPTAR			
		290.29	9085	357.68		ACEPTAR			
23/06/2012	21/07/2012	295.9	11085	436.42	430.77	ACEPTAR	430.77	6.66	1.55
		297.72	10755	423.43		ACEPTAR			
		293.39	10985	432.48		ACEPTAR			
23/06/2012	21/07/2012	294.8	10390	409.06	418.24	ACEPTAR	418.24	8.02	1.92
		298.8	10765	423.82		ACEPTAR			
		297.74	10715	421.85		ACEPTAR			
23/06/2012	21/07/2012	294.03	10865	427.76	425.52	ACEPTAR	425.52	3.53	0.83
		297.63	10855	427.36		ACEPTAR			
		292.16	10705	421.46		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



Grafica 2: **Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas C1.**
 Fuente: Loyo, Lozada. 2012

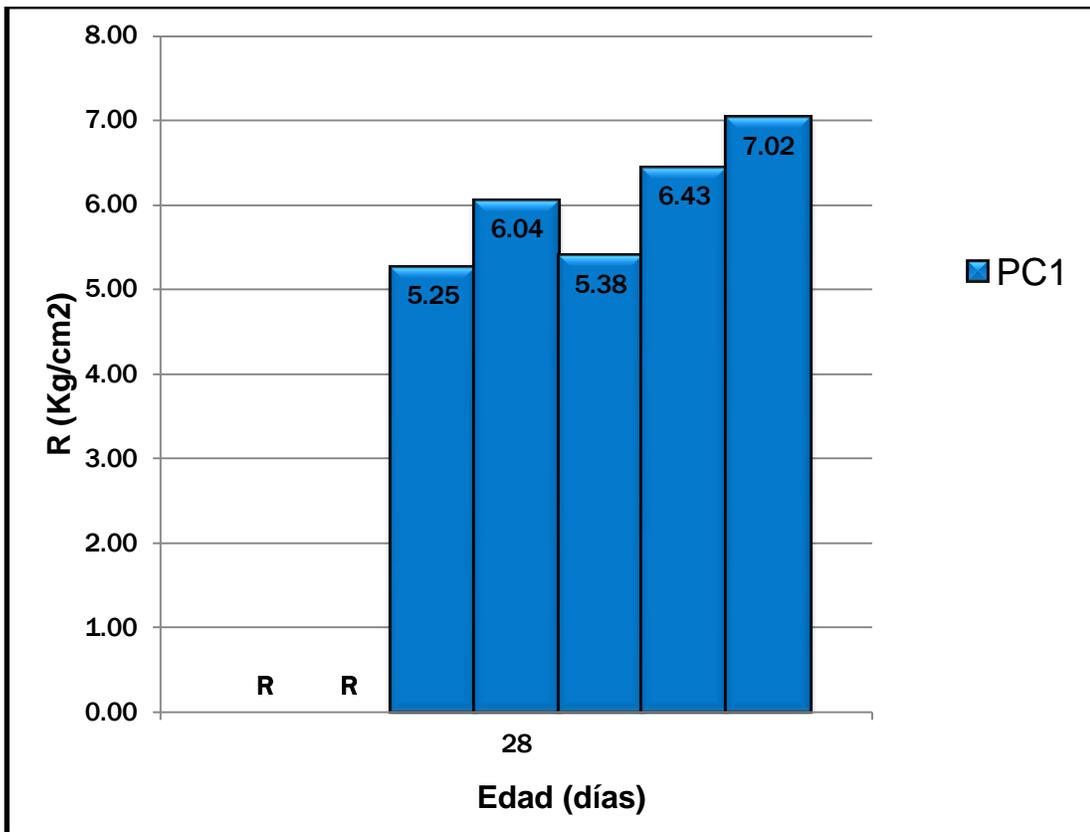
TABLA 9.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC1.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
23/03/2012	24/04/2012	74.94	15	0.59	2.36	RECHAZAR			
		74.1	105	4.13		RECHAZAR			
		74.76	0 (*)	0.00		RECHAZAR			
29/03/2012	26/04/2012	91.86	25	0.98	0.79	RECHAZAR			
		98.17	10	0.39		RECHAZAR			
		95.58	25	0.98		RECHAZAR			
26/05/2012	23/06/2012	78.73	135	5.31	5.25	ACEPTAR	5.25	0.11	2.17
		75.27	135	5.31		ACEPTAR			
		77.13	130	5.12		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	78.54	165	6.50	6.04	ACEPTAR	6.04	0.50	8.21
		76.22	155	6.10		ACEPTAR			
		76.42	140	5.51		ACEPTAR			
11/04/2012	11/05/2012	73.6	140	5.51	5.38	ACEPTAR	5.38	0.23	4.22
		74.09	140	5.51		ACEPTAR			
		73.78	130	5.12		ACEPTAR			
01/06/2012	29/06/2012	75.18	165	6.50	6.43	ACEPTAR	6.43	0.50	7.70
		75.92	175	6.89		ACEPTAR			
		75.72	150	5.91		ACEPTAR			
02/06/2012	30/06/2012	74.66	170	6.69	7.02	ACEPTAR	7.02	0.30	4.28
		75.9	180	7.09		ACEPTAR			
		75.65	185	7.28		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

* El cubo estaba roto



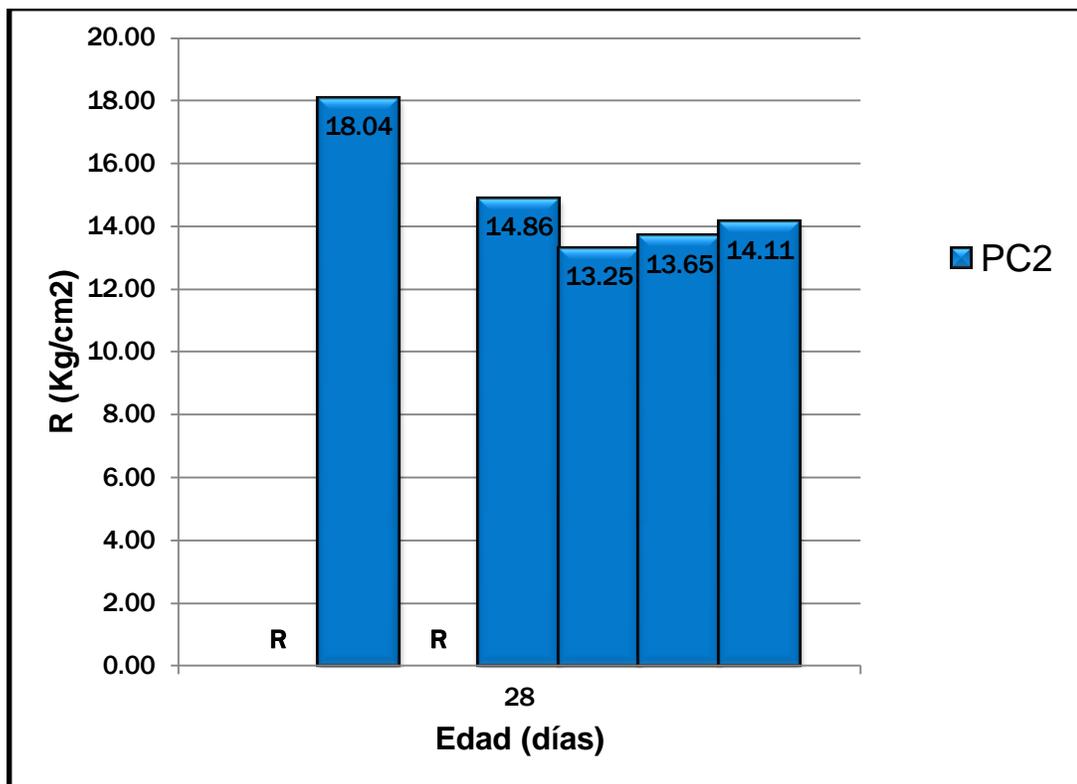
Grafica 3: **Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC1.**
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Tabla 10.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC2.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
27/03/2012	24/04/2012	201.29	545	21.46	17.52	RECHAZAR			
		196.7	385	15.16		RECHAZAR			
		209.05	405	15.94		ACEPTAR			
30/03/2012	27/04/2012	208.93	470	18.50	18.04	ACEPTAR	18.04	0.80	4.41
		215.97	435	17.13		ACEPTAR			
		202.98	470	18.50		ACEPTAR			
24/04/2012	22/05/2012	214.4	430	16.93	12.99	RECHAZAR			
		207.91	390	15.35		RECHAZAR			
		209.24	170	6.69		RECHAZAR			
24/04/2012	22/05/2012	209.15	375	14.76	16.40	ACEPTAR	14.86	0.14	0.94
		213.24	380	14.96		ACEPTAR			
		203.85	495	19.49		RECHAZAR			
03/05/2012	01/06/2012	206.89	340	13.39	13.25	ACEPTAR	13.25	0.23	1.71
		202.95	340	13.39		ACEPTAR			
		202.19	330	12.99		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	207.92	345	13.58	13.65	ACEPTAR	13.65	0.11	0.83
		204.15	350	13.78		ACEPTAR			
		198.15	345	13.58		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	204.68	365	14.37	14.11	ACEPTAR	14.11	0.45	3.22
		204.76	345	13.58		ACEPTAR			
		204.11	365	14.37		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



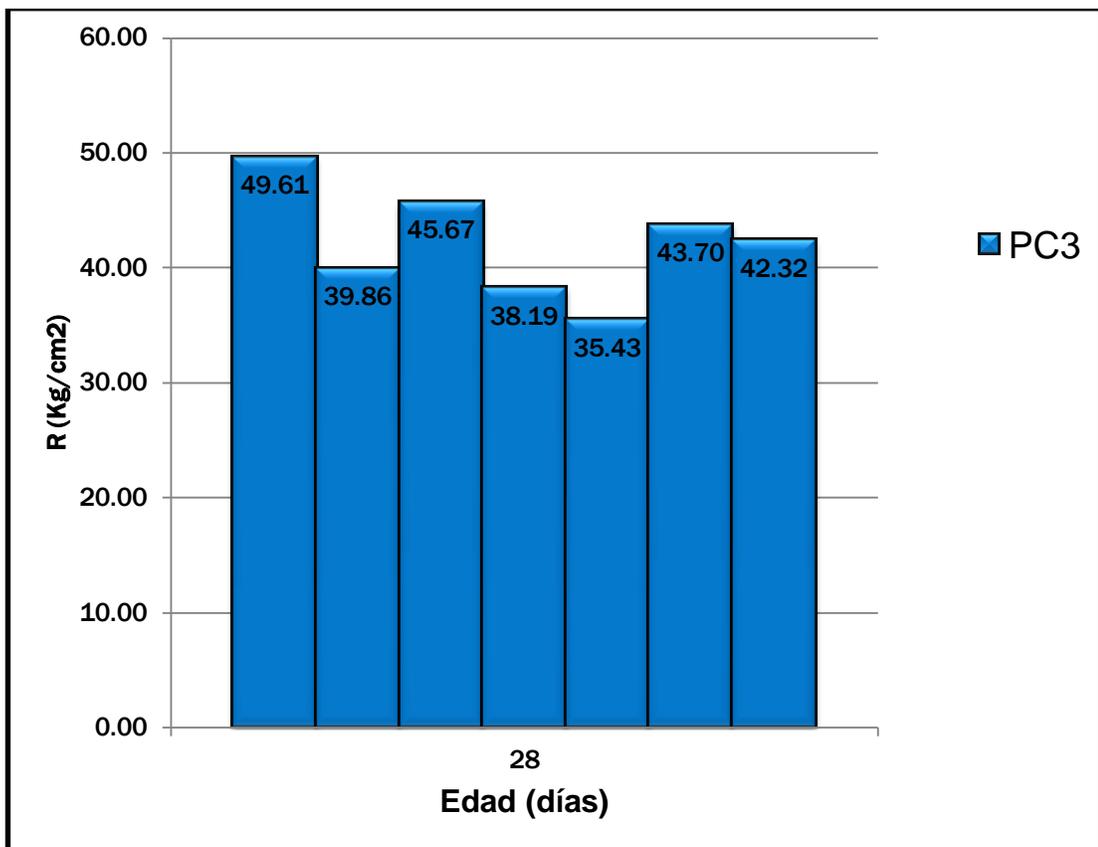
Grafica 4: Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC2.
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Tabla 11.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC3.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
28/03/2012	25/04/2012	186.09	1010	39.76	46.33	RECHAZAR	49.61	0.84	1.68
		180.57	1275	50.20		ACEPTAR			
		187.52	1245	49.02		ACEPTAR			
29/03/2012	26/04/2012	182.28	1180	46.46	42.06	RECHAZAR	39.86	2.37	5.94
		180.65	1055	41.54		ACEPTAR			
		184.52	970	38.19		ACEPTAR			
30/03/2012	27/04/2012	188.42	1210	47.64	45.67	ACEPTAR	45.67	2.07	4.54
		187.67	1105	43.50		ACEPTAR			
		185.49	1165	45.87		ACEPTAR			
02/05/2012	01/06/2012	182.89	950	37.40	38.19	ACEPTAR	38.19	1.04	2.73
		176.13	1000	39.37		ACEPTAR			
		177.63	960	37.80		ACEPTAR			
07/05/2012	23/06/2012	181.84	855	33.66	35.43	ACEPTAR	35.43	2.57	7.26
		183.15	870	34.25		ACEPTAR			
		184.5	975	38.39		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	182.81	1100	43.31	43.70	ACEPTAR	43.70	0.39	0.90
		185.22	1120	44.09		ACEPTAR			
		179.43	1110	43.70		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	180.58	1130	44.49	42.32	ACEPTAR	42.32	2.07	4.90
		180.06	1025	40.35		ACEPTAR			
		174.8	1070	42.13		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



Grafica 5: Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC3.
 Fuente: Loyo, Lozada. 2012

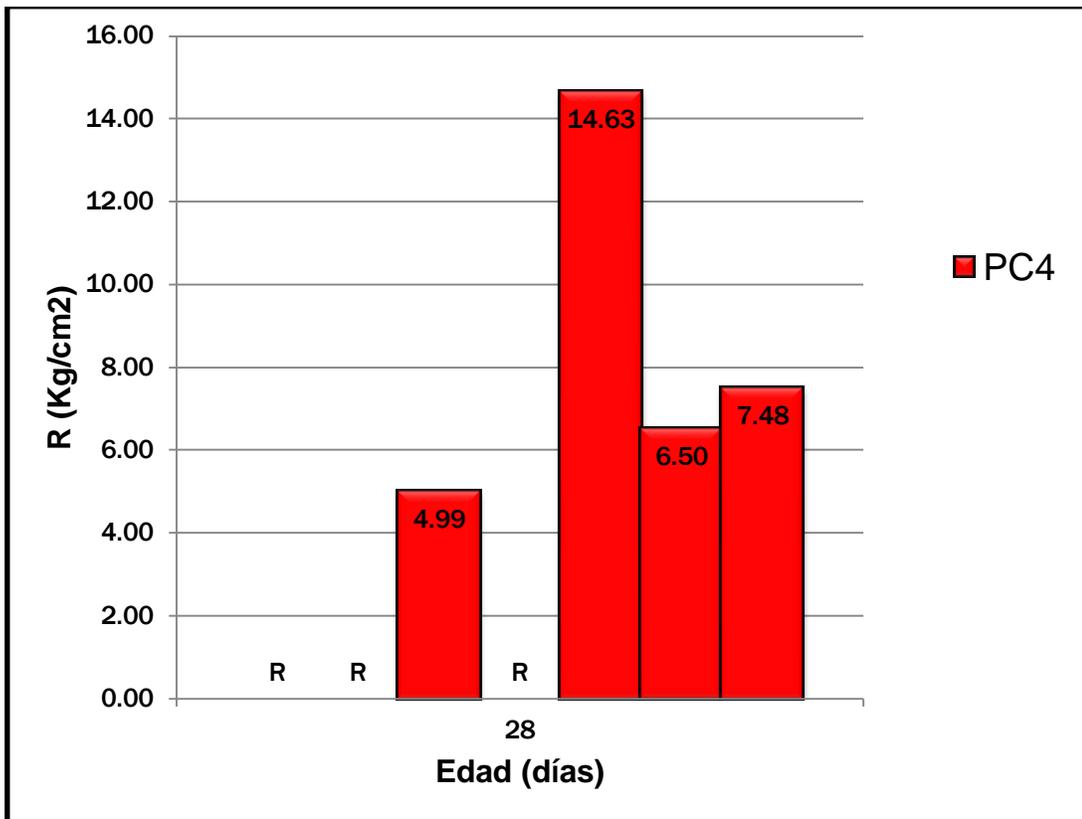
Tabla 12.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC4.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
22/03/2012	24/04/2012	77.83	140	5.51	6.50	RECHAZAR			
		74.18	190	7.48		RECHAZAR			
		78.21	0 (*)	0.00		RECHAZAR			
27/03/2012	24/04/2012	84.52	70	2.76	9.12	RECHAZAR			
		86.03	255	10.04		RECHAZAR			
		83.32	370	14.57		RECHAZAR			
28/03/2012	26/04/2012	93.36	125	4.92	4.99	ACEPTAR	4.99	0.11	2.28
		113.78	130	5.12		ACEPTAR			
		94.74	125	4.92		ACEPTAR			
29/03/2012	26/04/2012	78.82	95	3.74	4.07	ACEPTAR			
		85.45	60	2.36		RECHAZAR			
		76.68	155	6.10		RECHAZAR			
11/04/2012	11/05/2012	75.9	370	14.57	14.63	ACEPTAR	14.63	0.30	2.05
		76.23	380	14.96		ACEPTAR			
		75.53	365	14.37		ACEPTAR			
01/06/2012	29/06/2012	76.26	165	6.50	6.50	ACEPTAR	6.50	0.20	3.03
		76.29	170	6.69		ACEPTAR			
		76.51	160	6.30		ACEPTAR			
01/06/2012	29/06/2012	77.12	200	7.87	7.48	ACEPTAR	7.48	0.39	5.26
		79.16	180	7.09		ACEPTAR			
		76.83	190	7.48		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

* El cubo estaba roto



Grafica 6: **Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC4.**
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

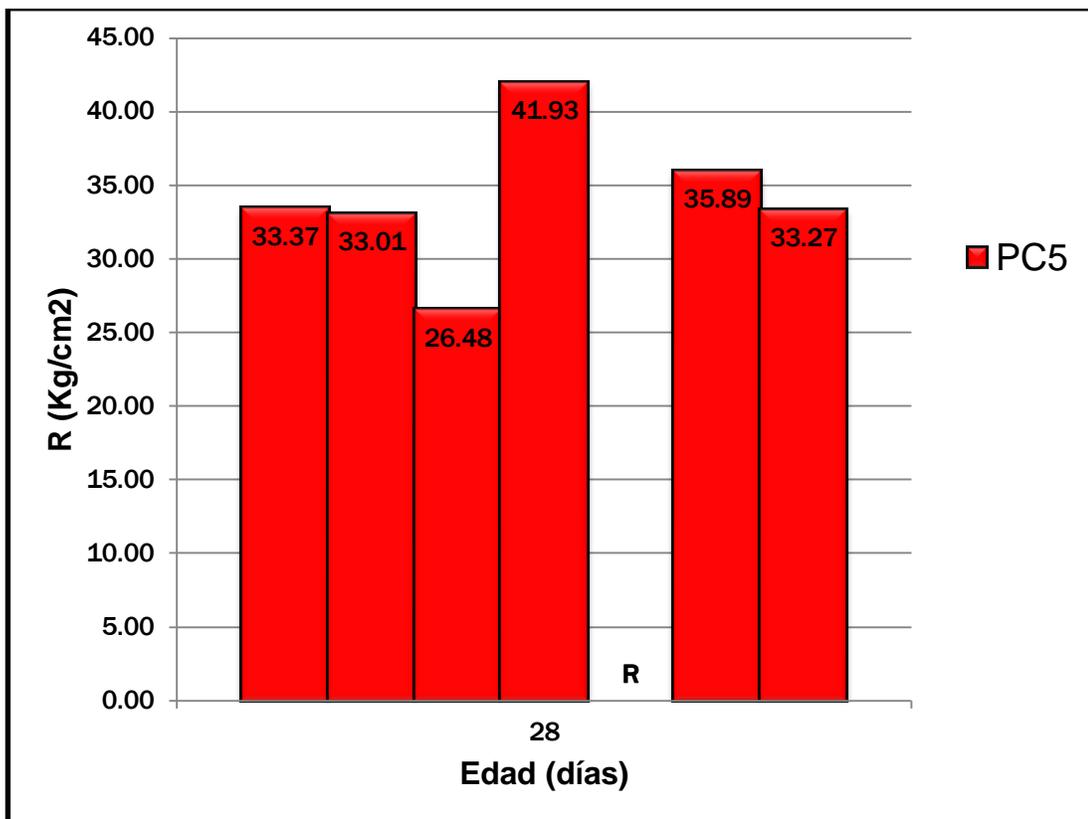
Tabla 13.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC5.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
23/03/2012	24/04/2012	161.74	890	35.04	33.37	ACEPTAR	33.37	2.37	7.09
		193.41	805	31.69		ACEPTAR			
		192.18	0 (*)	0.00		RECHAZAR			
27/03/2012	24/04/2012	199.18	815	32.09	33.01	ACEPTAR	33.01	0.80	2.41
		208.9	850	33.46		ACEPTAR			
		198.6	850	33.46		ACEPTAR			
30/03/2012	27/04/2012	209.31	800	31.50	28.15	RECHAZAR	26.48	0.42	1.58
		206.26	680	26.77		ACEPTAR			
		206.64	665	26.18		ACEPTAR			
24/04/2012	22/05/2012	204.32	1070	42.13	41.93	ACEPTAR	41.93	1.49	3.54
		210.35	1025	40.35		ACEPTAR			
		199.76	1100	43.31		ACEPTAR			
24/04/2012	22/05/2012	209.71	900	35.43	42.32	RECHAZAR			
		206.68	1135	44.69		ACEPTAR			
		203.66	1190	46.85		RECHAZAR			
03/05/2012	01/06/2012	206.91	930	36.61	35.89	ACEPTAR	35.89	1.25	3.48
		207.01	930	36.61		ACEPTAR			
		207.84	875	34.45		ACEPTAR			
03/05/2012	01/06/2012	207.23	880	34.65	33.27	ACEPTAR	33.27	2.56	7.69
		208.28	770	30.31		ACEPTAR			
		209.97	885	34.84		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

* El cubo estaba roto



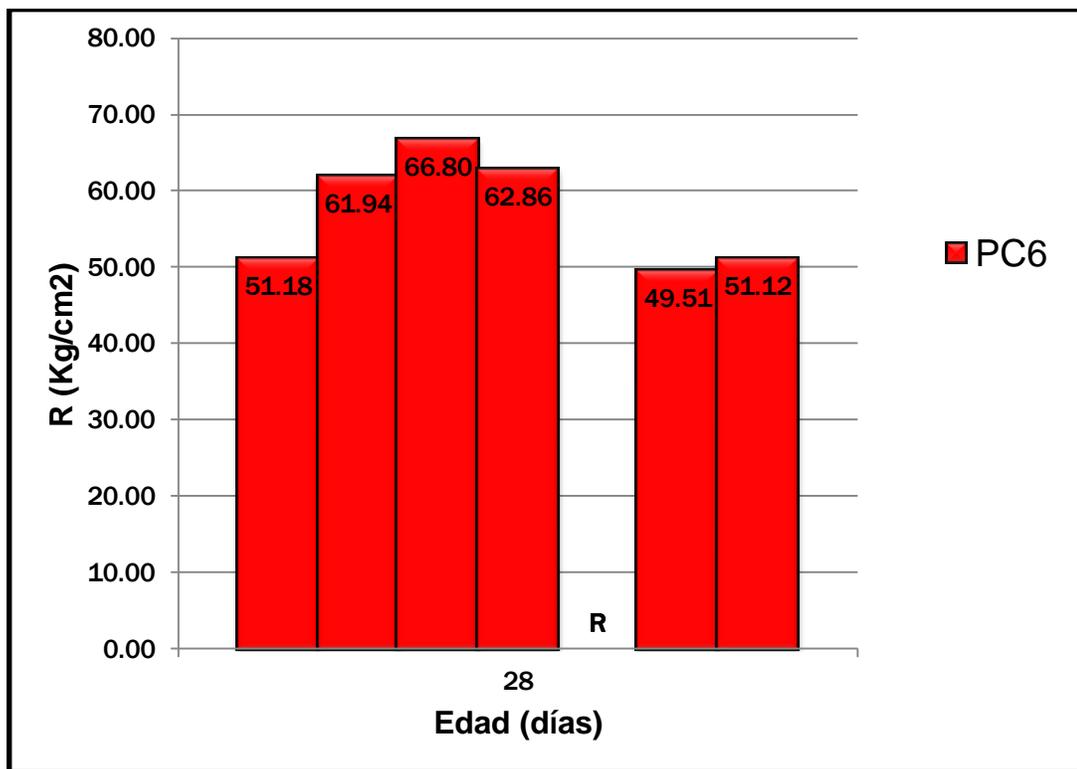
Grafica 7: Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC5.
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

TABLA 14.

Valores de Resistencia a la Compresión a los 28 días de las mezclas PC6.

Elaboración	Rotura	Peso (g)	P(Kg)	R (Kg/cm ²)	Ř (Kg/cm ²)	Criterio	Ř (Kg/cm ²)	S (Kg/cm ²)	V (%)
29/03/2012	26/04/2012	192.58	1280	50.39	53.94	ACEPTAR	51.18	1.11	2.18
		186.44	1320	51.97		ACEPTAR			
		188.65	1510	59.45		RECHAZAR			
30/03/2012	27/04/2012	186.68	1450	57.09	61.94	ACEPTAR	61.94	4.22	6.82
		182.97	1645	64.76		ACEPTAR			
		188.05	1625	63.98		ACEPTAR			
24/04/2012	22/05/2012	183.13	1600	62.99	66.80	ACEPTAR	66.80	3.50	5.24
		177.45	1715	67.52		ACEPTAR			
		183.35	1775	69.88		ACEPTAR			
24/04/2012	22/05/2012	177.03	1635	64.37	62.86	ACEPTAR	62.86	2.79	4.43
		180.79	1515	59.65		ACEPTAR			
		186.9	1640	64.57		ACEPTAR			
02/05/2012	01/06/2012	172.86	1100	43.31	50.13	RECHAZAR			
		178.45	1445	56.89		RECHAZAR			
		178.24	1275	50.20		ACEPTAR			
07/05/2012	23/06/2012	184.77	1245	49.02	46.65	ACEPTAR	49.51	0.70	1.41
		178.62	1040	40.94		RECHAZAR			
		184.74	1270	50.00		ACEPTAR			
26/05/2012	23/06/2012	183.52	1270	50.00	51.12	ACEPTAR	51.12	1.45	2.84
		182.19	1285	50.59		ACEPTAR			
		184.83	1340	52.76		ACEPTAR			

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



Grafica 8: **Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC6.**
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

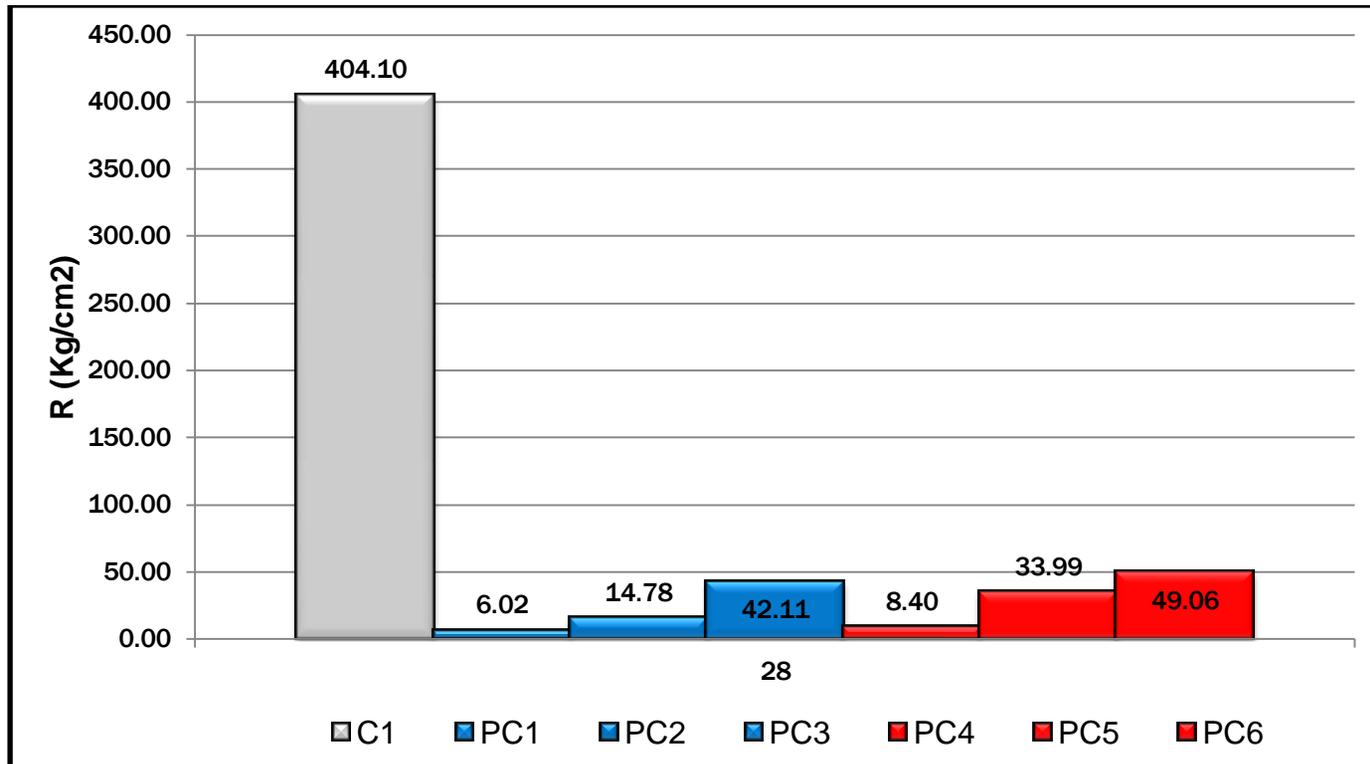
Tabla 15

Valores de Resistencia a la Compresión Promedio a los 28 días de las mezclas C1, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 Y PC6.

Mortero	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Ř (Kg/cm²)	S (Kg/cm²)
C1	403.48	395.28	400.59	354.79	430.77	418.24	425.52	404.10	25.47
PC1	R	R	5.25	6.04	5.38	6.43	7.02	6.02	0.74
PC2	0.00	18.04	R	14.86	13.25	13.65	14.11	14.78	1.92
PC3	49.61	39.86	45.67	38.19	35.43	43.70	42.32	42.11	4.77
PC4	R	R	4.99	R	14.63	6.50	7.48	8.40	4.28
PC5	33.37	33.01	26.48	41.93	R	35.89	33.27	33.99	5.00
PC6	51.18	61.94	66.80	62.86	R	49.51	51.12	49.06	7.47

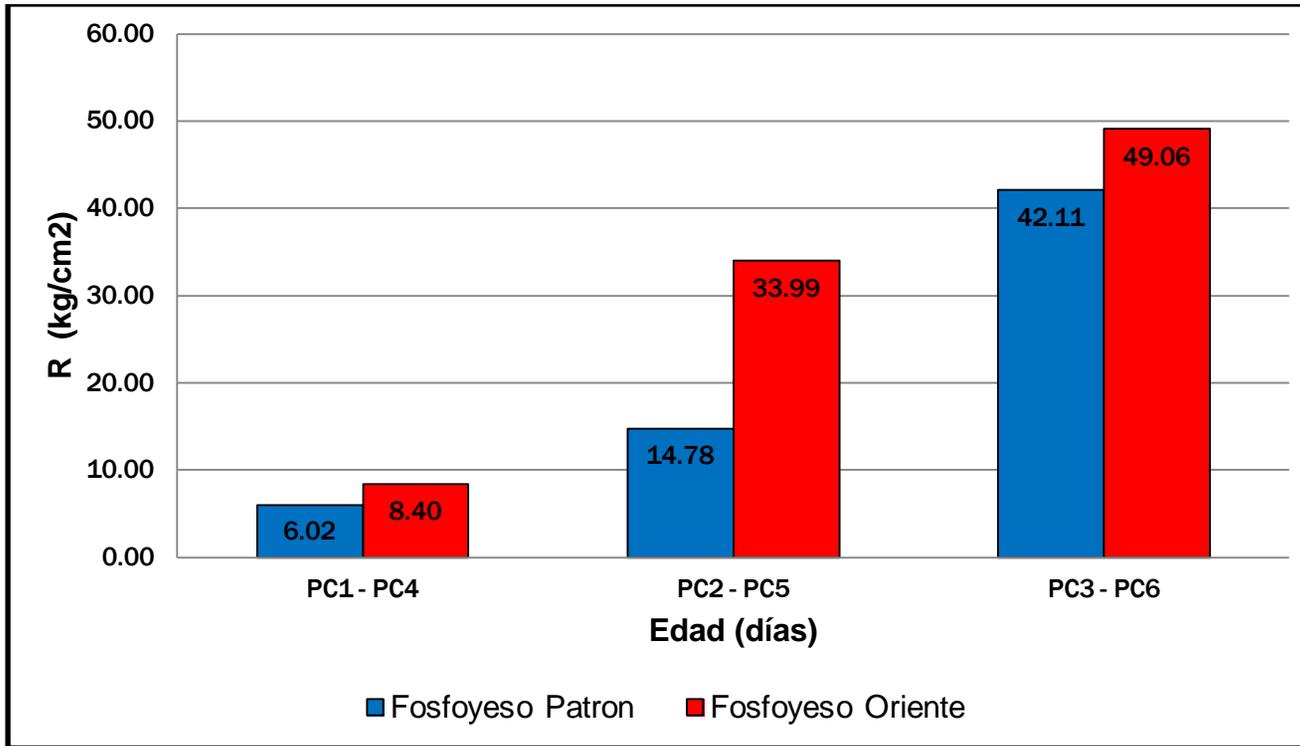
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

^R Muestra Rechazada según criterio



Grafica 9: **Comparación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas C1, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 y PC6**

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



Grafica 10: **Comparación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas PC1 vs.PC4, PC2 vs. PC5 y PC3 vs. PC6**

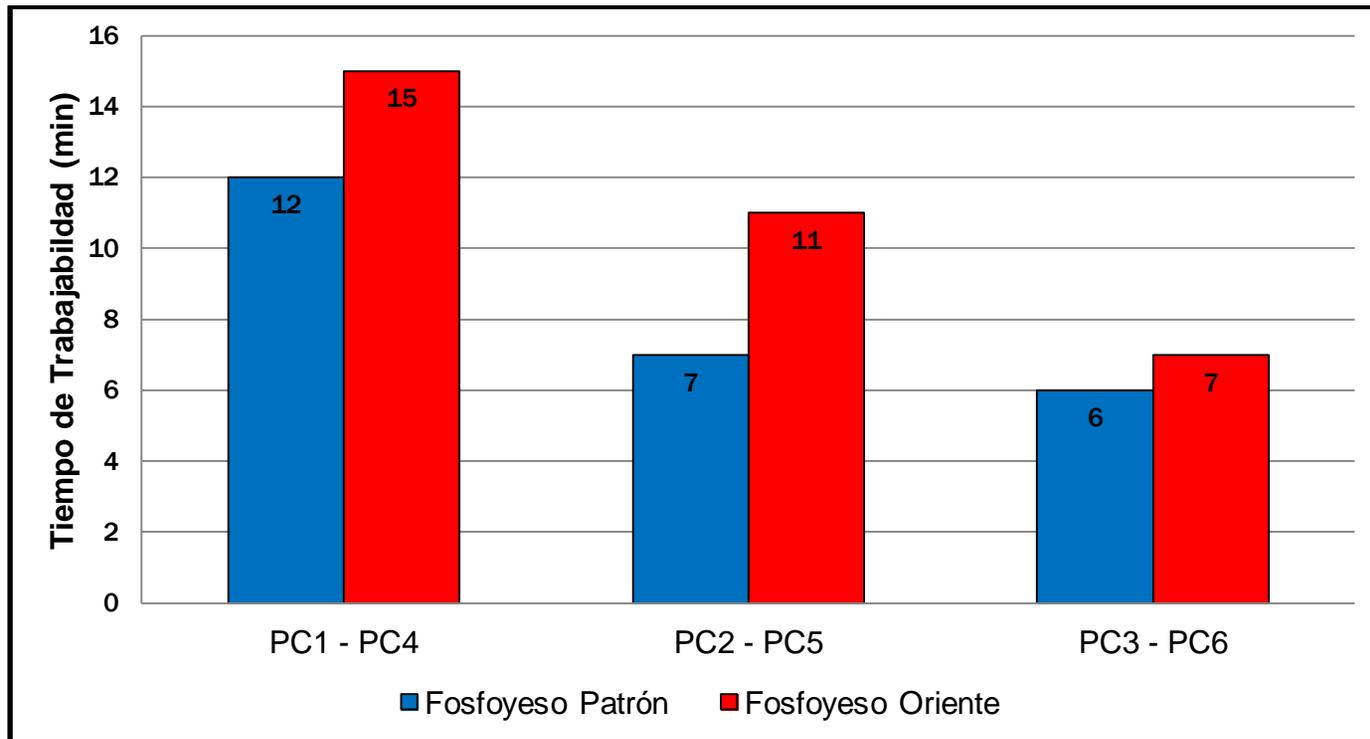
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Tabla 16.

Valores de Tiempo de Trabajabilidad de las mezclas PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 Y PC6.

Mortero	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Tiempo (min)
PC1	11.00	12.00	12.00	12.00	11.50	13.00	12.00	12
PC2	7.00	7.50	7.00	6.00	7.00	6.50	7.00	7
PC3	5.50	6.00	7.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6
PC4	15.00	14.00	15.00	15.00	15.50	15.00	15.00	15
PC5	11.00	11.00	12.00	11.00	10.00	11.00	11.00	11
PC6	6.00	7.00	6.00	7.00	8.50	7.00	6.50	7

Fuente: Loyo, Lozada. 2012



Grafica 11: **Tiempo de Trabajabilidad de las mezclas PC1 vs. Pc4, PC2 vs. PC5 y PC3 vs. PC6.**
Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Discusión de Resultados

El estudio de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla de mortero de cemento portland tipo I modificadas con fosfoyeso, verifican el comportamiento de la misma tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Respecto a las gráficas de la curva granulométrica de los tres (03) diferentes agregados finos utilizados para realizar las mezclas, se puede exponer que los resultados obtenidos señalan la presencia de un gran porcentaje de finos, lo cual pudo incidir en las propiedades físico-mecánicas del mortero estudiado en el presente trabajo especial de grado.

Respecto a las gráficas correspondientes a la resistencia a la compresión a los 28 días, se puede decir que los resultados obtenidos de las siete (07) muestras de cada dosificación tuvieron un comportamiento similar entre ellas, no ocurriendo esta similitud entre algunas dosificaciones planteadas en la investigación, debido a que las proporciones y tipo de fosfoyeso, sustituido parcial o totalmente por los componentes de un mortero tradicional, variaban en cada dosificación.

También es importante señalar que siguiendo el criterio establecido por la Norma COVENIN 484-93 muchas probetas se rechazaron debido a que la variación existente entre la resistencia obtenida y la resistencia promedio de toda la muestra difería en más del 10%. Siendo los más afectados, los resultados de las mezclas PC4 de la cual se rechazaron 3 muestras teniendo así una disminución de la confiabilidad de los resultados, la cual queda establecida en 60%, en cuanto a PC1 y PC2 se rechazaron 2 muestras, obteniendo una confiabilidad de 66% y por último PC5 y PC6 de las cuales se rechazó una muestra y la confiabilidad bajó a

71%. A pesar de haber rechazado varias muestras la confiabilidad de los resultados se mantienen dentro de un rango aceptable.

Cabe destacar, que dependiendo del tipo de fosfoyeso y proporción sustituida en la mezcla de mortero, existe una diferencia entre las mezclas con proporciones iguales pero diferente tipo de fosfoyeso sustituido, en cuanto a la resistencia obtenida a los 28 días, entre las cuales se pueden nombrar, PC1-PC4, PC2-PC5 y PC3-PC6.

Se pudo notar el aumento de la resistencia de las mezclas PC4 con respecto a PC1 en un 39.43%, PC5 con respecto a PC2 en un 129.92% y PC6 con respecto a PC6 en un 16.49%. Cabe señalar que todas las mezclas anteriormente mencionadas tienen una disminución bastante significativa con respecto al mortero tradicional utilizado actualmente en el relleno de paredes.

CONCLUSIONES

- ✓ Una vez ensayada todas las mezclas de mortero modificadas con fosfoyeso, ninguna arrojó valores de resistencia a la compresión similares al mortero de relleno tradicional, por lo cual ninguno de los morteros ensayados puede sustituir el mortero de cemento que se emplea actualmente para relleno de los paneles de PVC de las petrocasas.
- ✓ El fosfoyeso oriente para cada una de las mezclas brinda valores de resistencia a la compresión mayores que el fosfoyeso patrón.
- ✓ El tiempo de trabajabilidad de la mezcla preparada con fosfoyeso oriente es mayor que el tiempo de trabajabilidad de la mezcla con fosfoyeso patrón, a nivel constructivo es de vital importancia ya que nos brinda un intervalo de tiempo considerable, más no suficiente, en el cual la mezcla puede ser vaciada y moldeada antes de endurecer.
- ✓ La presencia del cemento en la mezcla modificada con fosfoyeso aumenta considerablemente los valores de resistencia del mortero, además la apariencia de las probetas, las cuales a los 28 días se encuentran libres de humedad, a diferencia de las probetas en las que no, se empleó cemento en la mezcla.
- ✓ Una vez realizado los ensayos de resistencia a la compresión se puede dar constancia de que la forma que plantea la norma COVENIN para realizar dicho ensayo es muy confiable ya que se obtuvieron resultados lógicos, a lo largo de todas las muestras se mantienen cercano a la media.

- ✓ Mediante los ensayos realizados a los agregados se puede notar que existe una mayor porción de material fino, lo cual puede favorecer la trabajabilidad, pero el incremento podría afectar directamente la resistencia del mortero.

RECOMENDACIONES

- ✓ Antes de realizar otros estudios en el campo de la construcción se recomienda estudiar el material desde el punto de vista ecológico para determinar si el material no causa daños al ambiente así como a la salud de los seres humanos.
- ✓ Se propone realizar otros estudios para utilizar el fosfoyeso para otras actividades de la construcción como por ejemplo: instalación, remodelación, decoración de techos en *Drywall*, frisos, entre otros.
- ✓ Estudio de otras propiedades físicas, tales como abrasión, absorción, adherencia, ya que estas además de la resistencia a la compresión son de gran importancia para evaluar el mortero una vez colocado.
- ✓ Se debe tener un control eficiente de las dosificaciones de todo los materiales que componen el mortero, y es de suma importancia la calidad de los materiales que se están empleando en la preparación de las mezclas, debido a que la mezcla por ser heterogénea su calidad no será mayor que la de sus componentes.
- ✓ Controlar los cambios de humedad y la absorción del agregado fino, ya que esto influye directamente sobre las proporciones utilizadas para el diseño de mezcla.
- ✓ Mantener control sobre las condiciones ambientales donde se encuentran las probetas, principalmente la temperatura, debido a que las probetas debe estar libres de humedad a la hora de ser sometidas a los ensayo de resistencia a la compresión.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo 1. 2006 “*Derecho a una vivienda adecuada*”. (en línea). Disponible en: http://www.derechos.org/ve/pw/wp-content/uploads/06_vivienda.pdf
- Anónimo 2. 2010 “*Derecho Pequiven proyecta el fosfoyeso para abonar suelos venezolanos*”. (en línea). Disponible en: http://www.pequiven.com/pqv/index.php?option=com_content&view=article&id=133%3Afosfoyeso&catid=1%3Alatest-news&Itemid=120
- Anónimo 3. 2010 “*Morteros de Cemento Portland*” (en línea). Disponible en: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/morteros-de-cemento-portland.html>
- Anónimo 5. 2011 “*Mortero de yeso*” (en línea). Disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/Mortero_de_Yeso
- Anónimo 6. 2010. “*Resistencia en Morteros de Cemento Portland*”. (en línea). Disponible en: http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/fluidez-en-morteros-de-cemento-portland_21.html
- Anónimo 7. s/f. “*El hormigón parte 3*”. (en línea). Disponible en: <http://www.todomonografias.com/arquitectura-obras-y-construccion/el-hormigon-parte-3/>
- Anónimo 8. s/f. “*Clasificación granulométrica*”. (en línea). Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_granulom%C3%A9trica
- Anónimo 9. 2009. “*El Agua del Concreto*”. (en línea). Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>
- Anónimo 10. 2010. “*Dosificación de Morteros*”. (en línea). Disponible en: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/dosificacion-de-morteros.html>

Anónimo 11. 2012. “*Curado del concreto*”. (en línea). Disponible en:
http://construestructuconcreto.webpin.com/785751_4-5-Curado-del-concreto.html

Anónimo 12. 2011. “*El Fosfoyeso*”. (en línea). Disponible en:
<http://www.buenastareas.com/ensayos/El-Fosfoyeso/1544852.html>

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. (5ta ed.). Venezuela: Editorial Episteme, C.A.

Castillo y Tovar. (2009) “*Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de morteros elaborados con un subproducto generado en el proceso de obtención del ácido fosfórico (Fosfoyeso) como sustituto parcial del cemento*”. (Tesis de Pregrado) Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Venezuela

CEDEX (2010). “*Fosfoyeso*”. (en línea). Disponible en:
<http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/ficha.aspx?idresiduo=434&idmenu=441>.

CHACÓN, Emilce. 2007 “*Petrocasa transforma hidrocarburos en desarrollo social*”. (en línea). Disponible en:
http://minci2.minci.gob.ve/reportajes/2/14977/petrocasa_transforma_hidrocarburos.prnt.

CUELLAR, Adolfo. 2011 “*Mortero*”. (en línea). Disponible en:
http://adolfocuellarreys393.blogspot.com/2011_10_01_archive.html

GABALEC, María. (2008) “*tiempo de fraguado del Hormigón*”. (en línea). Disponible en http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/Tesis2008_Anabela-Gabalec_Tiempo-de-Fraguado-del-Hormigon.pdf (Tesis de Becarios de la Investigación) Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

González y Ataya. (2011) “*Anteproyecto de propuesta de mejoras y reducción de costos. Mortero de cemento-pet (Polietilen Tereftalato)*”. Petrocasa. Venezuela

- JACOME, Eduardo. (2008) “*Simulación del Comportamiento del Cemento Portland Tipo I con la adición de Zeolita 2 al 15 % y curado en Agua*”. (en línea). Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13504/1/D-42616.pdf> (Tesis de Pregrado) Escuela Superior del Litoral. Ecuador
- MERCEDEZ, Raúl. (s/f). “*Fraguado del concreto*”. (en línea). Disponible en: <http://www.arqhys.com/construccion/concreto-fraguado.html>
- MOORE, H. 2011. “*La importancia del curado del concreto*”. (en línea). Disponible en: <http://civilgeeks.com/2011/08/17/la-importancia-del-curado-del-concreto/>
- PEÑA, Miguel. (2005) “*Reparación de muros de albañilería de Ladrillos cerámicos con estuco armado con Malla de fibra de vidrio*”. (en línea). Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmf cip419r/doc/bmf cip419r.pdf> (Tesis de Pregrado) Universidad Austral de Chile.
- RIVERA, Gerardo. (s/f). “*Agregados para mortero o concreto*”. (en línea). Disponible en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20G EOTEC%20SEM%20%20de%202010/Tecnologia%20del%20 Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2002%20-%20Agregados%20para%20mortero%20y%20concreto.pdf>
- SILVA, Alejandro. (2010) “*Potencialidades de uso agrícola del fosfoyeso en Venezuela*”. (en línea). Disponible en http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/propiedades_procesos/PPS23.pdf Gerencia de Abastecimiento de Fertilizantes, PEQUIVEN.
- Veliz y Pernalette. (2011) Anteproyecto de propuesta de mejoras y reducción de costos. Mortero de cemento-caucho reciclado. Petrocasa. Venezuela.
- VIZCAYA, Luis. (2009) “*Propuesta de autoconstrucción del sistema de vivienda popular petrocasa*”. (en línea). Disponible en <http://produccion-uc.bc.uc.edu.ve/documentos/trabajos/23002B0F.pdf> (Tesis de Pregrado) Universidad de Carabobo. Venezuela.

Elaborado por: Víctor Loyo José Lozada	Proyecto: Análisis del comportamiento de un mortero utilizado para el relleno de paredes no estructurales de plástico.	MUESTRA: ARENA A1 Fecha: 15/03/2012
---	---	---

Anexo 1. Tablas de ensayos de la Arena N° 1.

- Granulometría. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 255/77 – C.C.C.A. Ag 2. “Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos”.

Tabla 1.1

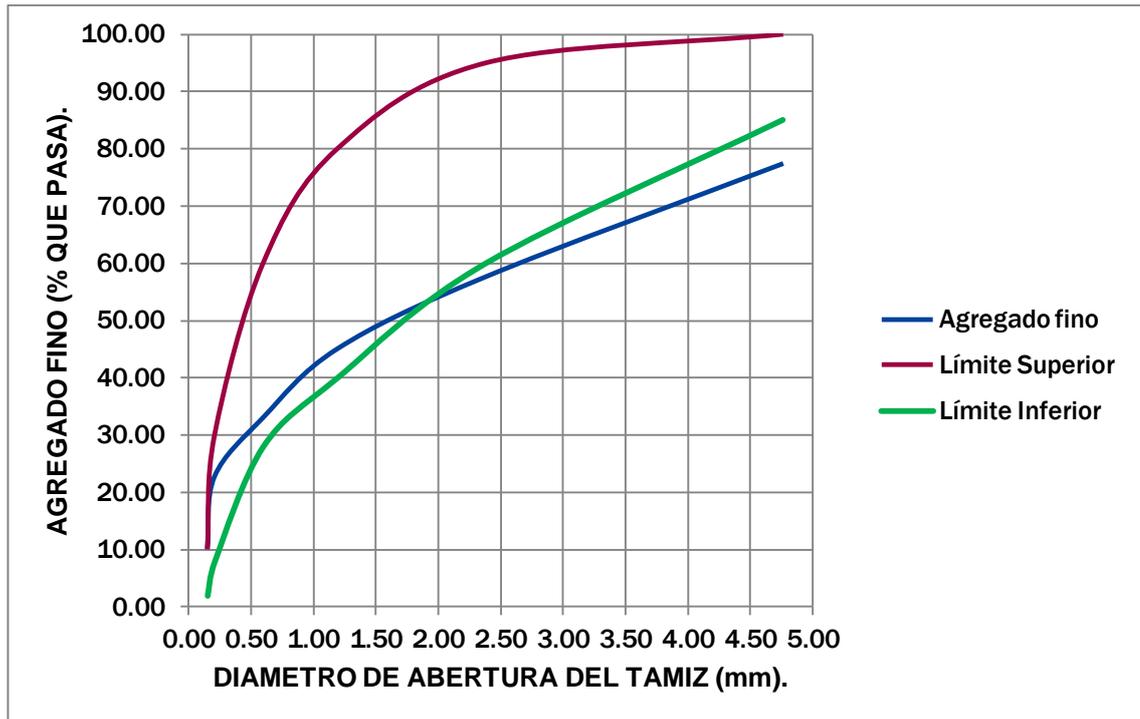
Granulometría del agregado fino.

Peso inicial (gr): 489,26.

N° Tamiz	Diámetro (mm)	Peso del Tamiz (grs)	Peso del Tamiz + Peso Retenido (grs)	Peso Retenido (grs)	% de Peso Retenido	% de Peso Retenido Acumulado (grs)	Peso que Pasa	% de Peso que Pasa
# 4	4.76	563.52	673.17	109.65	22.52	22.52	377.17	77.48
# 8	2.38	548.58	644.76	96.18	19.76	42.28	390.64	57.72
# 16	1.19	501.53	562.88	61.35	12.60	54.88	425.47	45.12
# 30	0.60	375.58	434.07	58.49	12.01	66.90	428.33	33.10
# 50	0.21	488.33	538.28	49.95	10.26	77.16	436.87	22.84
# 100	0.15	467.22	528.50	61.28	12.59	89.75	425.54	10.25
PLATO	0.000	442.17	492.09	49.92	10.25	100.00	436.90	0.00
Fuente: Loyo, Lozada. 2012				Σ	486.82	100.00	453.49	

Modulo de Finura: 3.53.

Error: 0,5%



Gráfica 1.1: Curva granulométrica.

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

- Impurezas orgánicas. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 256/77 – C.C.C.A Ag 3 – ASTM C40. “Ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico”.

El color del recipiente con la arena y el agua resultó menor al color N° 3

- Cloruros y sulfatos. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 261/77– C.C.C.A Ag. 8 – Ensayo N° 3 del manual de ensayos en el campo de agregados para concreto. “Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas”.

El agregado no tiene presencia de cloruros y sulfatos.

- Partículas menores que 20 micras. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 259/78 – C.C.C.A Ag. 6. “Ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos”.

Tabla 1.2

Partículas menores que 20 micras.

Porcentaje de Partículas Livianas	5,99%
-----------------------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Materiales más finos que el cedazo # 200. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 258/77 – C.C.C.A Ag. 5. “Ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo # 200 en agregados minerales”.

Tabla 1.3

Materiales más finos que el cedazo # 200.

Porcentaje que pasa el Tamiz N° 200	10,28%
-------------------------------------	--------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Partículas desmenuzables. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A Ag 4-68. “Ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados”.

Tabla 1.4

Contenido de partículas desmenuzables.

Contenido de Partículas desmenuzables	36,66 %
---------------------------------------	---------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Peso específico y absorción. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.A Ag. 15. “Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino”.

Tabla 1.5

Peso específico y Absorción.

Peso Especifico Aparente	2,50
Peso Específico	2,44
Peso Específico Saturado con Superficie Seca	2,47
Porcentaje de Absorción	1,08%

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Humedad superficial. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: C.C.C.A Ag. 19. “Ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino”.

Tabla 1.6

Humedad superficial.

Porcentaje de Humedad	5,26%
-----------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Elaborado por: Víctor Loyo José Lozada	Proyecto: Análisis del comportamiento de un mortero utilizado para el relleno de paredes no estructurales de plástico.	MUESTRA: ARENA A2 Fecha: 15/03/2012
---	---	---

Anexo 2. Tablas de ensayos de la Arena N° 2.

- Granulometría. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 255/77 – C.C.C.A. Ag 2. “Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos”.

Tabla 2.1

Granulometría del agregado fino

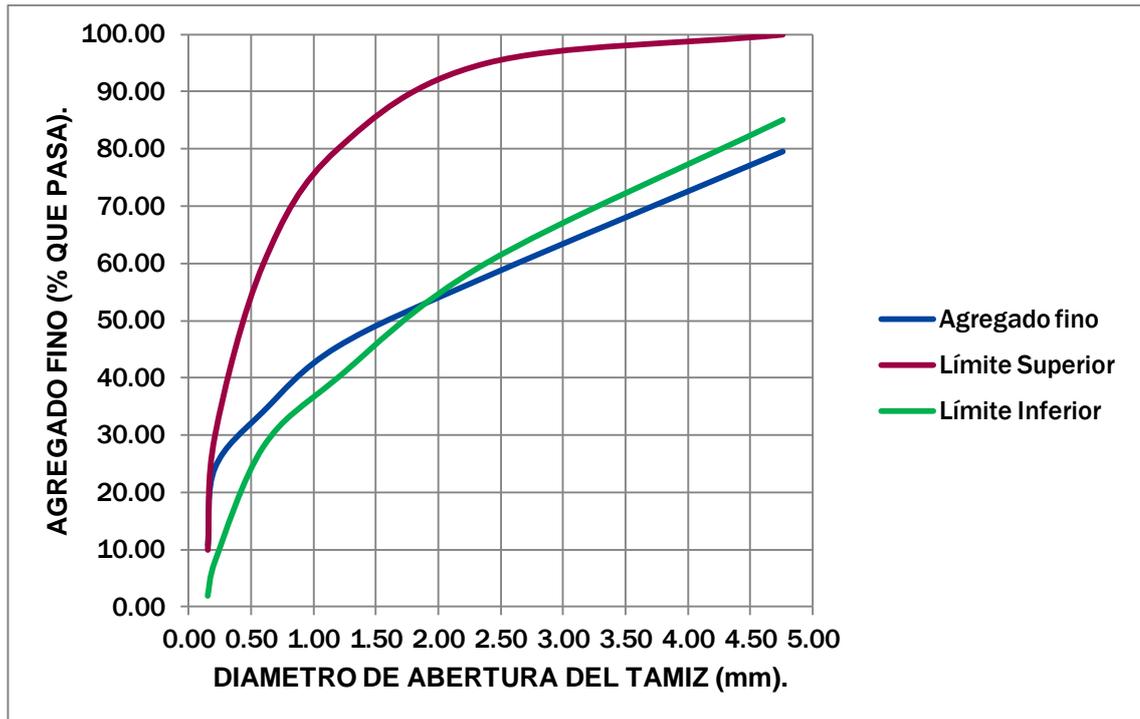
Peso inicial (gr): 500,08.

N° Tamiz	Diámetro (mm)	Peso del Tamiz (grs)	Peso del Tamiz + Peso Retenido (grs)	Peso Retenido (grs)	% de Peso Retenido	% de Peso Retenido Acumulado (grs)	Peso que Pasa	% de Peso que Pasa
# 4	4.76	563.52	665.54	102.02	20.46	20.46	396.54	79.54
# 8	2.38	548.58	657.69	109.11	21.89	42.35	389.45	57.65
# 16	1.19	501.53	562.30	60.77	12.19	54.54	437.79	45.46
# 30	0.60	375.58	431.95	56.37	11.31	65.84	442.19	34.16
# 50	0.21	488.33	537.43	49.10	9.85	75.69	449.46	24.31
# 100	0.15	467.22	534.62	67.40	13.52	89.21	431.16	10.79
PLATO	0.000	442.17	495.96	53.79	10.79	100.00	444.77	0.00
				Σ	498.56	100.00	448.09	

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Modulo de Finura: 3,48

Error: 0,30%



Gráfica 2.1: Curva granulométrica.

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

- Impurezas orgánicas. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 256/77 – C.C.C.A Ag 3 – ASTM C40. “Ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico”.

El color del recipiente con la arena y el agua resultó menor al color N° 3

- Cloruros y sulfatos. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 261/77– C.C.C.A Ag. 8 – Ensayo N° 3 del manual de ensayos en el campo de agregados para concreto. “Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas”.

El agregado no tiene presencia de cloruros y sulfatos.

- Partículas menores que 20 micras. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 259/78 – C.C.C.A Ag. 6. “Ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos”.

Tabla 2.2

Partículas menores que 20 micras.

Porcentaje de Partículas Livianas	4,79%
-----------------------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Materiales más finos que el cedazo # 200. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 258/77 – C.C.C.A Ag. 5. “Ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo # 200 en agregados minerales”.

Tabla 2.3

Materiales más finos que el cedazo # 200.

Porcentaje que pasa el Tamiz N° 200	9,34%
-------------------------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Partículas desmenuzables. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A Ag 4-68. “Ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados”.

TABLA N° 2.4

Contenido de partículas desmenuzables.

Contenido de Partículas desmenuzables	29,20%
---------------------------------------	--------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Peso específico y absorción. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.A Ag. 15. “Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino”.

Tabla 2.5

Peso específico y Absorción.

Peso Especifico Aparente	2,54
Peso Específico	2,49
Peso Específico Saturado con Superficie Seca	2,51
Porcentaje de Absorción	0,81%

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Humedad superficial. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: C.C.C.A Ag. 19. “Ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino”.

Tabla 2.6

Humedad superficial.

Porcentaje de Humedad	5,46%
-----------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Elaborado por: Víctor Loyo José Lozada	Proyecto: Análisis del comportamiento de un mortero utilizado para el relleno de paredes no estructurales de plástico y compararlo con el mortero de relleno tradicional.	MUESTRA: ARENA A3 Fecha: 15/03/2012
---	--	---

Anexo 3. Tablas de ensayos de la Arena N° 3.

- Granulometría. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 255/77 – C.C.C.A. Ag 2. “Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos”.

Tabla 3.1

Granulometría del agregado fino.

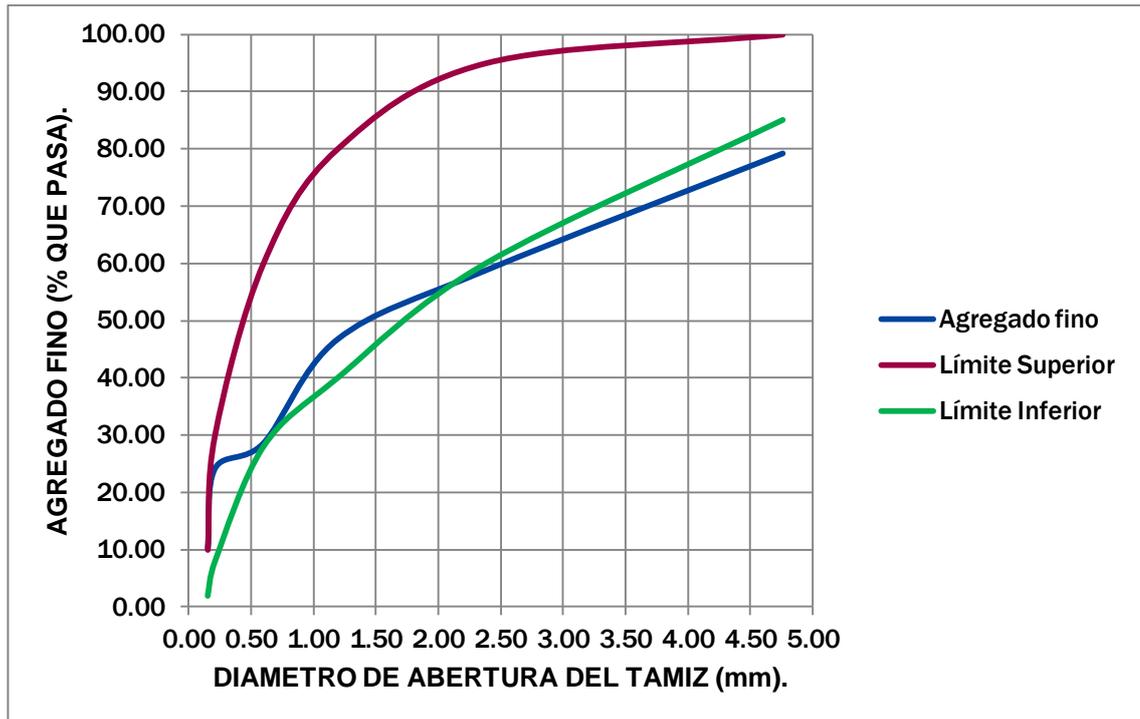
Peso inicial (gr): 500,11.

N° Tamiz	Diámetro (mm)	Peso del Tamiz (grs)	Peso del Tamiz + Peso Retenido (grs)	Peso Retenido (grs)	% de Peso Retenido	% de Peso Retenido Acumulado (grs)	Peso que Pasa	% de Peso que Pasa
# 4	4.76	563.31	667.49	104.18	20.84	20.84	395.67	79.16
# 8	2.38	548.58	650.53	101.95	20.40	41.24	397.90	58.76
# 16	1.19	501.57	561.80	60.23	12.05	53.29	439.62	46.71
# 30	0.60	501.74	592.47	90.73	18.15	71.44	409.12	28.56
# 50	0.21	488.37	510.37	22.00	4.40	75.84	477.85	24.16
# 100	0.15	467.20	536.60	69.40	13.88	89.72	430.45	10.28
PLATO	0.000	417.65	469.01	51.36	10.28	100.00	448.49	0.00
			Σ	499.85	100.00	452.37		

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

Modulo de Finura: 3,52

Error: 0,05%



Gráfica 3.1: **Curva granulométrica.**

Fuente: Loyo, Lozada. 2012

- Impurezas orgánicas. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 256/77 – C.C.C.A Ag 3 – ASTM C40. “Ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico”.

El color del recipiente con la arena y el agua resultó menor al color N° 3

- Cloruros y sulfatos. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 261/77– C.C.C.A Ag. 8 – Ensayo N° 3 del manual de ensayos en el campo de agregados para concreto. “Ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas”.

El agregado no tiene presencia de cloruros y sulfatos.

- Partículas menores que 20 micras. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 259/78 – C.C.C.A Ag. 6. “Ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos”.

Tabla 3.2

Partículas menores que 20 micras.

Porcentaje de Partículas Livianas	2,40%
-----------------------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Materiales más finos que el cedazo # 200. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 258/77 – C.C.C.A Ag. 5. “Ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo # 200 en agregados minerales”.

Tabla 3.3.

Materiales más finos que el cedazo # 200.

Porcentaje que pasa el Tamiz N° 200	5,48%
-------------------------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Partículas desmenuzables. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A Ag 4-68. “Ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados”.

Tabla 3.4

Contenido de partículas desmenuzables.

Contenido de Partículas desmenuzables	21,95%
---------------------------------------	--------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Peso específico y absorción. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.A Ag. 15. “Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino”.

Tabla 3.5

Peso específico y Absorción.

Peso Especifico Aparente	2,67
Peso Específico	2,49
Peso Específico Saturado con Superficie Seca	2,56
Porcentaje de Absorción	2,69%

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

- Humedad superficial. Este ensayo se realizó aplicando la Norma: C.C.C.A Ag. 19. “Ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino”.

Tabla 3.6

Humedad superficial.

Porcentaje de Humedad	3,02%
-----------------------	-------

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 4. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra C1.

Tabla 4.1

Corrección Higroscópica de la Arena N°1.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,0947	2,2953
Agua (ml)	0,570	0,0947	0,4753

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 4.2

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,88	4,39	0,95

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 4.3

Corrección Higroscópica de la Arena N°2.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,10563	2,18437
Agua (Lts)	0,570	0,10563	0,46437

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 4.4
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 3 muestras.		
Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
3,42	6,55	1,39

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 4.5
Corrección Higroscópica de la Arena N°3.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,00736	2,28264
Agua (Lts)	0,570	0,00736	0,56264

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 4.6
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,57	1,13

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 5. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC1.

Tabla 5.1
Corrección Higroscópica.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,510	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	0	-	-
Agua (Lts)	2,490	-	2,490

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 5.2
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 7 muestras.	
Petrocemento Patrón (Kg)	Agua (Lts)
10,57	17,43

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 6. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC2.

Tabla 6.1

Corrección Higroscópica de la Arena N°1.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,0947	2,1953
Agua (Lts)	1,140	0,0947	1,0453

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 6.2

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Petrocemento Patrón (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,39	2,09

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

TABLA 6.3

Corrección Higroscópica de la Arena N°2.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,10563	2,18437
Agua (Lts)	1,140	0,10563	1,03437

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 6.4
Proporciones Finales

Proporciones Finales para 3 muestras.		
Petrocemento Patrón (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
3,42	6,55	3,10

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 6.5
Corrección Higroscópica de la Arena N°3.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,00736	2,28264
Agua (Lts)	1,140	0,00736	1,13264

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 6.6
Proporciones Finales

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Petrocemento Patrón (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,57	2,27

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

ANEXO N°7. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC3.

Tabla 7.1

Corrección Higroscópica de la Arena N°1.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,04714	1,09286
Agua (Lts)	1,710	0,04714	1,66286

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 7.2

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.			
Petrocemento Patrón (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	2,28	2,19	3,33

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 7.3

Corrección Higroscópica de la Arena N°2.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,05258	1,08742
Agua (Lts)	1,710	0,05258	1,65742

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 7.4
Proporciones Finales

Proporciones Finales para 3 muestras.			
Petrocemento Patrón (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
3,42	3,42	3,26	4,97

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 7.5
Corrección Higroscópica de la Arena N°3

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón (Kg)	1,140	-	-
Petrocemento Oriente	0	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,00366	1,13634
Agua (Lts)	1,710	0,00366	1,70634

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

TABLA 7.6
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.			
Petrocemento Patrón (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	2,28	2,27	3,41

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 8. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC4.

Tabla 8.1
Corrección Higroscópica.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,510	-	1,510
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	0	-	-
Agua (Lts)	2,490	-	2,490

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 8.2
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 7 muestras.	
Petrocemento Oriente (Kg)	Agua (Lts)
10,57	17,43

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 9. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC5.

Tabla 9.1
Corrección Higroscópica de la Arena N°1.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,0947	2,1953
Agua (Lts)	1,140	0,0947	1,0453

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 9.2
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Petrocemento Oriente (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,39	2,09

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 9.3
Corrección Higroscópica de la Arena N°2.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,10563	2,18437
Agua (Lts)	1,140	0,10563	1,03437

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 9.4
Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 3 muestras.		
Petrocemento Oriente (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
3,42	6,55	3,10

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 9.5
Corrección Higroscópica de la Arena N°3.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	0	-	-
Arena (Kg)	2,290	0,00736	2,28264
Agua (Lts)	1,140	0,00736	1,13264

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 9.6

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.		
Petrocemento Oriente (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	4,57	2,27

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Anexo 10. Tablas de Corrección Higroscópica y proporciones finales de la muestra PC6.

Tabla 10.1

Corrección Higroscópica de la Arena N°1.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,04714	1,09286
Agua (Lts)	1,710	0,04714	1,66286

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.**Tabla 10.2**

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.			
Petrocemento Oriente (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	2,28	2,19	3,33

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 10.3

Corrección Higroscópica de la Arena N°2.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,05258	1,08742
Agua (Lts)	1,710	0,05258	1,65742

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 10.4

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 3 muestras.			
Petrocemento Oriente (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
3,42	3,42	3,26	4,97

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 10.5

Corrección Higroscópica de la Arena N°3.

Material	Proporciones	Corrección Higroscópica	Proporciones Corregidas
Petrocemento Patrón	0	-	-
Petrocemento Oriente (Kg)	1,140	-	-
Cemento (Kg)	1,140	-	-
Arena (Kg)	1,140	0,00366	1,13634
Agua (Lts)	1,710	0,00366	1,70634

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

Tabla 10.6

Proporciones Finales.

Proporciones Finales para 2 muestras.			
Petrocemento Oriente (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (Lts)
2,28	2,28	2,27	3,41

Fuente: Loyo, Lozada. 2012.

ANEXO N°11. Materiales y equipos utilizados



Fig. 1 Materiales suministrados por la empresa PETROCASA



Fig. 2 Moldes cúbicos de 50.8mm de lado



Fig. 3 Mezcladora Automática



Fig. 4 Máquina para el ensayo de Resistencia a la Compresión

ANEXO Nº12. Elaboración de las probetas



Fig. 5 Preparación de los Moldes



Fig. 6 Vaciado de la mezcla



Fig. 8 Compactación y enrasado

ANEXO N° 13 Probetas.



Fig. 8 Probetas elaboradas.

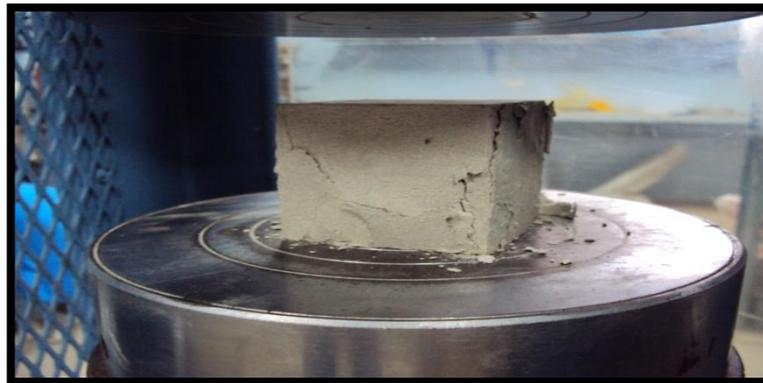


Fig. 9 Ensayo de compresión.

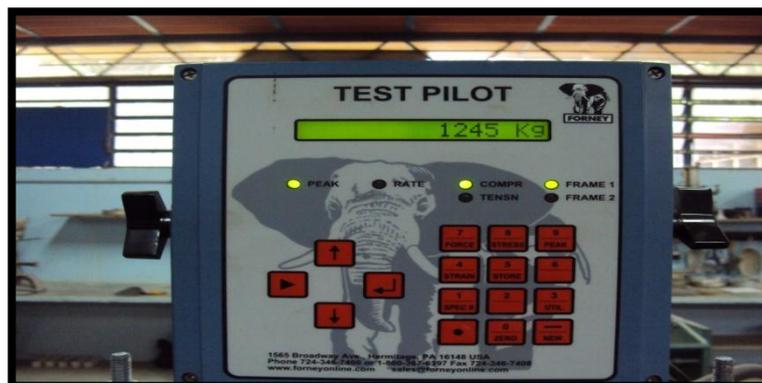


Fig. 10 Obtención del valor de carga aplicada en las probetas.

ANEXO N°14. Ensayos de los agregados.



Fig. 11 Obtención del peso de la muestra.



Fig. 12 Elaboración de ensayo.



Fig. 13 Elaboración de ensayo.