



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL

TEMA:
ANÁLISIS COMPARATIVO EN DISEÑOS DE HORMIGONES
EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO FIBRILADA Y
MICROFILAMENTO FINO CON MATERIALES DE LA CANTERA
MEGAROK DE PICOAZA PARA RESISTENCIA DE F^c 240 kg/cm²

AUTORES:
LOOR SANTOS RICHARD JESÚS
VERA SAAVEDRA YANDRY MICHAEL

TUTOR:
ING. EDUARDO ORTIZ HERNÁNDEZ

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios creador de todas las cosas, el que me brinda la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer en este camino tan difícil.

De igual manera, dedico esta tesis a mi Madre, Padre que han sabido formarme con valores, brindándome todo su amor y por los sacrificios que han hecho para cumplir esta meta en mi vida.

A mi Esposa y familia en general, porque siempre han estado ahí con su apoyo incondicional y por compartir conmigo los buenos y malos momentos.

Loor Santos Richard Jesús

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por ser nuestro creador y darnos la oportunidad de vivir.

A mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida, siempre estando ahí junto a mí apoyándome en cada etapa de mi vida, y a quienes debo mis respetos y admiración por todo el sacrificio que han realizado para formarme como profesional con su amor constante.

Vera Saavedra Yandry Michael

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a mi Padre Celestial por las bendiciones que me brinda día a día, lo que me hace ver que si el en mí vida nada soy y por haber puesto personas maravillosas en mi camino que me han ayudado que grandes enseñanzas y por bendecirme con una familia llena de amor.

A mis Padres, que me han dado amor y apoyo incondicional, esforzándose incansablemente para ayudarme a culminar mi carrera y sobre todo porque han mostrado ser un gran ejemplo de sacrificio y perseverancia.

A mi hija y mi mujer, a quienes amo con todo mi corazón, por darme la fuerza de continuar y quienes son mi primera inspiración compartiendo con ellas momentos que me han servido para crecer y ser mejor cada día.

A mi hermana mis amigos y amigas incondicionales, que siempre han estado para ayudarme en los momentos más difíciles y brindándome sus conocimientos que me han servido de apoyo.

A los profesores que han sabido impartir todas sus enseñanzas, experiencias y conocimientos los cuales sé que me servirán en mi vida profesional.

Loor Santos Richard Jesús

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante este camino y por darme las fuerzas para superar cada obstáculo y dificultad que se me ha presentado y presentará a lo largo de toda mi vida.

A la Universidad Técnica de Manabí por ofrecerme una educación superior de calidad en la cual estamos forjando nuestros conocimientos profesionales y morales día a día.

A mis padres, que son mis ejemplares, dándome fuerza para no desfallecer ni rendirme ante nada, y aconsejándome para ir siempre por el camino del bien.

A todos mis amigos y amigas por siempre estar pendiente de mí y por todo el cariño que me han brindado en esta etapa, de los cuales he recibido un apoyo incondicional especialmente estos los últimos meses

Gracias a todas las personas que estuvieron pendiente de mí y me ayudaron ya sea directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo de investigación.

Vera Saavedra Yandry Michael

CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente señor Ing. Eduardo Ortiz Hernández, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación “ANÁLISIS COMPARATIVO EN DISEÑOS DE HORMIGONES EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO FIBRILADA Y MICROFILAMENTO FINO CON MATERIALES DE LA CANTERA MEGAROK DE PICOAZA PARA RESISTENCIA DE F^oC 240 kg/cm²”, desarrollada por los profesionistas: Señores Loo Santos Richard Jesús y Vera Saavedra Yandry Michael; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Ing. Eduardo Ortiz Hernández

TUTOR

vi

DECLARACIÓN DE AUTORES

Quienes firmamos la presente, profesionistas; LOOR SANTOS RICHARD JESÚS y VERA SAAVEDRA YANDRY MICHAEL, en calidad de autores del trabajo de titulación realizada sobre “ANÁLISIS COMPARATIVO EN DISEÑOS DE HORMIGONES EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO FIBRILADA Y MICROFILAMENTO FINO CON MATERIALES DE LA CANTERA MEGAROK DE PICOAZA PARA RESISTENCIA DE F^c 240 kg/cm²”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios netamente personales y asumimos con responsabilidad la descripción de las mismas.



LOOR SANTOS RICHARD JESÚS
AUTOR



VERA SAAVEDRA YANDRY MICHAEL
AUTOR

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema “ANÁLISIS COMPARATIVO EN DISEÑOS DE HORMIGONES EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO FIBRILADA Y MICROFILAMENTO FINO CON MATERIALES DE LA CANTERA MEGAROK DE PICOAZA PARA RESISTENCIA DE F^c 240 kg/cm²” desarrollado por los señores, Loor Santos Richard Jesús con Cédula No. 131403074-1 y Vera Saavedra Yandry Michael con Cédula No. 131400273-2 previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control del señor Ing. Eduardo Ortiz Hernández, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio
- Han aplicado correctamente el manual de estilo de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento NO VINCULANTE para los fines legales pertinentes.



ING. JUAN CARLOS GUERRA MERA
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

RESUMEN

“ANÁLISIS COMPARATIVO EN DISEÑOS DE HORMIGONES EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO FIBRILADA Y MICROFILAMENTO FINO CON MATERIALES DE LA CANTERA MEGAROK DE PICOAZA PARA RESISTENCIA DE F^c 240 kg/cm²”

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo en el diseño de hormigones empleando fibras de polipropileno (fibrilada y microfilamento fino) con los agregados (finos y gruesos) de la cantera Megarok de la Parroquia Picoazá para obtener una resistencia nominal de F^c 240 kg/cm².

Para la construcción de los hormigones, primeramente se determinaron las propiedades físico-mecánicas de los agregados obtenidos, encontrándose que ellos presentan las características correctas encontrándose dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 0862. Posterior a ello se determinó las dosificaciones necesarias de los agregados fino (1,90) y grueso (2,32), el cemento (1,00) y de agua (0,51), que componen la estructura del hormigón, estableciéndose que para la masa necesaria para elaborar los 6 hormigones propuestos son 8.023 kg de agua, 15.731 Kg de cemento, 29.825 Kg de arena y 36.420 Kg de ripio.

Con los datos obtenidos se elaboraron los 6 cilindros de hormigones, de los cuales, 3 (15 kg c/u, contenían 5 g de fibras) los cuales servirán para desarrollar los ensayos para comprobar que su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días presentaban los 240 Kg/cm² requeridos, encontrándose en los resultados que ambos hormigones cumplían con la resistencia nominal requerida. Concluyendo que la utilización de las fibras de polipropileno agregada no influyen en la resistencia del hormigón final.

ABSTRACT

"COMPARATIVE ANALYSIS IN CONCRETE DESIGNS USING FIBRILLED POLYPROPYLENE FIBERS AND FINE MICROFILMATION WITH MATERIALS OF THE MEGAROK QUARRY OF PICOAZA FOR RESISTANCE OF F^c 240 kg / cm²"

The objective of the present investigation is to perform a comparative analysis in the design of concrete using polypropylene fibers (fibrillated and fine microfilament) with the aggregates (fine and coarse) of the Megarok quarry of the Picoazá Parish to obtain a nominal resistance of F^c 240 kg / cm².

For the construction of the concrete, the physical-mechanical properties of the aggregates obtained were first determined and found to have the correct characteristics within the ranges established in the INEN 0862 standard. Subsequently, the necessary dosages of the aggregates were determined (1.90) and thick (2.32), cement (1.00) and water (0.51), which compose the concrete structure, establishing that for the mass necessary to make the 6 concrete proposed are 8,023 kg of water, 15,731 kg of cement, 29,825 kg of sand and 36,420 kg of rubble.

With the data obtained the 6 cylinders of concrete were elaborated, of which, 3 (15 kg each, containing 5 g of fibers) which will be used to develop the tests to verify that their resistance to compression at 7, 14 and 28 days had the required 240 kg / cm², being found in the results that both concretes complied with the required nominal resistance. Concluding that the use of aggregated polypropylene fibers does not influence the strength of the final concrete.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AGRADECIMIENTO	v
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORES	¡Error! Marcador no definido.
INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1	1
1. Tema	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Delimitación de la investigación	2
1.3.1. Espacial	2
1.3.2. Temporal	2
1.4. Antecedentes	2
1.5. Justificación	3
CAPÍTULO 2	5
2. Marco teórico	5
2.1. Hormigón convencional	5
2.2. Materiales	6
2.2.1. Agregados	6
2.2.1.1. Agregado grueso	6
2.2.1.2. Agregado fino	6
2.2.2. Cemento portland	7
2.2.3. Agua en mezclados	7
2.2.4. Aditivos	8
2.3. Fibras de polipropileno	8
2.3.1. Tipos de fibras de polipropileno	9
2.3.1.1. Monofilamento:	9
2.3.1.2. Fibrilada:	10
2.3.1.3. Mallas fibriladas:	10
2.3.1.4. Multifilamento:	10
2.4. Dosificación de hormigones	10
2.5. Propiedades físico-mecánicas	10

2.4.1. Propiedades del hormigón fresco	11
2.4.1.1. Trabajabilidad	11
2.4.1.2. Consistencia	11
2.4.1.3. Homogeneidad y uniformidad	12
2.4.1.4. Compacidad	12
2.4.1.5. Exudación	13
2.4.1.6. Cohesividad	13
2.4.1.7. Segregación	14
2.4.1.8. Falso fraguado	14
2.4.2. Propiedades del hormigón endurecido	14
2.4.2.1. Densidad	15
2.4.2.2. Permeabilidad	16
2.4.2.3. Retracción	16
2.4.2.4. Resistencia a la compresión del hormigón	17
2.4.2.5. Módulo de elasticidad	17
2.4.2.6. Resistencia a tracción	18
2.4.2.7. Deformabilidad	18
2.4.2.8. Resistencia al desgaste	19
2.4.2.9. Durabilidad	20
CAPÍTULO 3	21
3. Visualización del alcance de estudio	21
3.1. Aporte social	21
3.2. Aporte económico	21
3.3. Aporte científico	22
3.4. Ensayo de campo	22
3.5. Hipótesis	22
3.6. Variables y su operacionalización	23
3.6.1. Variable independiente	23
3.6.1. Variables dependientes	24
CAPÍTULO 4	25
4. Objetivos	25
4.1. Objetivo General	25
4.2. Objetivos Específicos	25
4.3. Campo de acción	25
CAPÍTULO 5	26
5. Desarrollo del diseño de investigación	26
5.1. Metodología	26
5.2. Nivel de investigación	26
CAPÍTULO 6	28
6. Propiedades de los materiales	28
6.1. Selección de agregados de la cantera Megarok de la parroquia Picoazá	28

6.1.1. Ubicación, características de la zona y explotación de los agregados de la cantera Megarok	28
6.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Megarok	29
6.2.1. Granulometría	29
6.2.2. Abrasión	32
6.2.3. Contenido de humedad	34
6.2.4. Pesos específicos y capacidad de absorción	35
6.1.5. Densidad aparente suelta y compactada	36
CAPÍTULO 7	39
7. Diseño del hormigón	39
7.1. Cálculos de dosificaciones	40
7.1.1. Cantidad de agua en el mezclado y tamaño de grava	40
7.1.2. Relación agua-cemento	41
7.1.3. Volumen del agregado grueso	41
7.1.4. Factor cemento	42
7.1.5. Volumen del agregado fino	43
7.1.6. Dosificación de componentes en la mezcla	43
7.1.7. Fabricación de la mezcla de hormigones con y sin fibras de polipropileno	45
7.1.7.1. Mezclado de las muestras de los ensayos	45
7.1.7.2. Llenado de las probetas	45
7.1.7.3. Curado de cilindros	45
7.1.7.4. Ensayo a compresión	46
CAPÍTULO 8	47
8. Cálculos	47
8.1. Resultado de ensayos de compresión a resistencia	47
CAPÍTULO 9	49
9. Conclusiones y recomendaciones	50
9.1. Conclusiones	50
9.2. Recomendaciones	50
CAPÍTULO 10	52
10. Presupuesto	52
11. Cronograma valorado	53
12. Bibliografía	54
Anexos	59

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 3.1. Diseño de un hormigón convencional de resistencia 240 kg/cm ² .	23
Cuadro 3.2. Fibras de polipropileno	24
Cuadro 3.3. Agregados de la cantera Megarock de Picoazá	24
Cuadro 6.1. Rangos de módulos de finuras de la muestra	30
Cuadro 6.2. Rangos de granulometría de agregados gruesos	31

Cuadro 6.3. Resultados de ensayo de abrasión _____	33
Cuadro 6.4. Resultados de contenido de humedad de agregado fino _____	34
Cuadro 6.5. Resultados de contenido de Humedad de agregado grueso _____	34
Cuadro 6.6. Pesos específicos y capacidad de absorción del agregado fino _____	35
Cuadro 6.7. Pesos específicos y capacidad de absorción del agregado grueso _____	36
Cuadro 6.8. Densidad aparente suelta y compactada del agregado fino _____	37
Cuadro 6.9. Densidad aparente suelta y compactada del agregado grueso _____	38
Cuadro 7.1. Propiedades físico-mecánicas de los agregados _____	39
Cuadro 7.2. Volumen de ripio _____	422
Cuadro 7.3. Volumen de la arena _____	43
Cuadro 7.4. Dosificación de componentes _____	44
Cuadro 7.5. Peso (Kg) de los componentes _____	44
Cuadro 7.6. Peso (Kg) después de correcciones de humedad _____	45
Cuadro 8.1. Ensayos de compresión a probetas de hormigón simple _____	48
Cuadro 8.2. Ensayos de compresión a las probetas de hormigones con fibras de polipropileno _____	48
Cuadro 10.1. Presupuesto y financiamiento _____	532
Cuadro 11.1. Cronograma _____	53

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Propiedades de la fibra de polipropileno monofilamento _____	9
Tabla 2.2. Comportamiento cohesivo de los hormigones _____	13
Tabla 2.3. Densidades de hormigones ordinarios _____	15
Tabla 7.1. Cantidades aproximadas de agua de mezclado que se requieren para diferentes asentamientos y tamaños de grava _____	40
Tabla 7.2. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación agua/cemento _____	41
Tabla 7.3. Volumen aparente seco y compactado de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón _____	42

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Deformación en función del tiempo para un ciclo de secado y mojado (izquierda) y otro de carga y descarga (derecha). _____	17
Figura 2.2. Contracción por hidratación del cemento _____	19

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1. Porcentajes de finura de la muestra evaluada de arena _____	30
Gráfico 6.2. Porcentajes de granulometría de la muestra evaluada _____	32

CAPÍTULO 1

1. Tema

Análisis comparativo en diseños de hormigones empleando fibras de polipropileno fibrilada y microfilamento fino con materiales de la cantera Megarok de Picoaza para resistencia de $f'c$ 240 kg/cm²

1.1. Descripción de la realidad problemática

El cumplimiento de la resistencia a compresión como propiedad fundamental del hormigón endurecido durante el proceso de ejecución de una obra, constituye una gran satisfacción para todos los actores del proceso constructivo (proyectistas, suplidores de hormigón, constructores, inversionistas, supervisores, etc.), sin embargo, esto no garantiza su durabilidad en el tiempo.

La calidad de los materiales y la cantidad de agua es de gran incidencia, siendo realistas, lo es todo para la calidad de un buen Hormigón, hacer Hormigón es un arte, el cual necesita de mucho cuidado para hacer el trabajo que se necesita. Según la página Constructor Civil (2010) las características de los agregados influyen directamente en la calidad de los hormigones sobre todo en la resistencia, cuyas variables han sido conocidas y verificadas al momento de realizar una construcción (tipo de agregado, la forma, textura, tamaño máximo, solidez, gradación y limpieza de la partícula).

El uso de fibras para intentar mejorar el comportamiento mecánico y estructural de los materiales en una obra civil es muy antiguo, porque sirven para reforzar materiales frágiles. Entre ellas destaca la fibra de polipropileno que es un aditivo de reforzamiento que se le añade generalmente al concreto, mejorando así, la calidad de las construcciones, ya que de modo permeable ayuda a que el agua no dañe al concreto y sufra fisuras por la humedad, reduciendo agrietados y que se fracturen las construcciones (Muñoz, 2010).

Según (Macías, 2015) las canteras de Picoazá del cantón Portoviejo presentan agregados con partículas duras, resistentes, durables, que se encuentran limpias (libres de impurezas), pero muchas veces se han encontrado problemas con la resistencia a la

compresión que ellos presentan al diseñarse un hormigón. De aquí nace el problema del presente Trabajo de Titulación, de verificar si agregando fibras de polipropileno (de las cuales ya se mencionó que mejora las propiedades mecánicas y estructurales de una obra) a los agregados de la cantera Megarok de Picoazá se logrará obtener un hormigones de resistencia $f'c$ 240 kg/cm².

1.2. Formulación del problema

¿Será posible diseñar hormigones convencionales de resistencia $f'c$ 240 kg/cm² agregando fibras de polipropileno a los materiales obtenidos de la Cantera Megarok de la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Espacial

La investigación se desarrollará en la Universidad Técnica de Manabí, específicamente en el Laboratorio de Suelos, Rocas y Asfaltos. La recolección de los materiales se dará en la parroquia Picoazá-Portoviejo-Manabí, precisamente en la cantera Megarok.

1.3.2. Temporal

El desarrollo de este proyecto, se considerará información desde el año 2015 y su ejecución estará basada en el calendario de actividades.

1.4. Antecedentes

La historia del hormigón constituye un capítulo fundamental de la historia de la construcción. Cuando se optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitieran unir dichos mampuestos para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal, pero se deterioraban rápidamente ante las inclemencias atmosféricas. Se idearon diversas soluciones, mezclando agua con rocas y minerales triturados, para conseguir pastas que no se degradasen fácilmente.

Así, en el Antiguo Egipto se utilizaron diversas pastas obtenidas con mezclas de yesos y calizas disueltas en agua, para poder unir sólidamente los sillares de piedra; como las que aún perduran entre los bloques calizos del revestimiento de la Gran Pirámide de Guiza (García, 2013).

Históricamente las fibras han sido utilizadas para mejorar y reforzar diferentes tipos de materiales de construcción (anteriormente de origen vegetal). En tiempos modernos las fibras de vidrio, asbestos, acero y poliméricas han ganado popularidad para remediar y mejorar problemas en el hormigón. Durante muchos años, la tendencia del hormigón a agrietarse ha sido aceptada como un hecho natural. Hay solamente una razón por la que las grietas ocurren en el hormigón, existen tensiones que exceden la resistencia del hormigón en un momento específico.

Las tensiones derivadas de las fuerzas externas pueden ser compensadas proveyendo resistencias estructurales mayores en las estructuras de hormigón, en los pavimentos y en las losas. Sin embargo históricamente ha sido un problema controlar las tensiones intrínsecas, ocasionadas por el encogimiento dentro del propio hormigón, debido a su variedad y ocurrencia impredecibles (Moreno, 2010).

1.5. Justificación

El hormigón es uno de los materiales que mayormente se usa en el país en la industria civil, debido a que puede adaptarse a una variedad de formas a diferentes formas y dimensiones de gran consistencia, pero que normalmente presente problemas de resistencia a compresión. Por tal motivo la presente investigación busca crear una alternativa a la población ecuatoriana al momento de construir, creando un material económico, debido a que la fibra de polipropileno es un material sintético de bajo costo.

En el aspecto técnico, la presencia de fibras de la polipropileno en el hormigón permite que las estructuras que no tengan altas exigencias de carga puedan hacerse más delgadas en comparación de aquellas que son reforzadas con armadura secundaria, lo que implica tener elementos más delgados, con mayor facilidad de operación y menores costos de transporte, además de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, esto se da gracias a su capacidad elástica y de absorción de energía que le proporciona las fibras al hormigón, también le da una mayor resistencia al impacto, otorgándole mayor vida útil a los elementos estructurales sometidos a cargas dinámicas.

Además se le proporcionaría un valor agregado extra a estos áridos y materiales pétreos de la cantera Megarok de la Parroquia Picoazá, volviéndolos la opción más próxima y cómoda a la hora de elegir agregados para construcciones.

CAPÍTULO 2

2. Marco teórico

2.1. Hormigón

La Norma Ecuatoriana de la Construcción lo define como una “mezcla sencilla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”.¹ Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

En términos generales el hormigón es la mezcla resultante de la combinación de cemento u otro conglomerante con los agregados (grava, gravilla y arena) y agua. La principal característica estructural de estos tipos de hormigones es que son resistentes a los esfuerzos a compresión, pero igualmente no se caracterizan por tener un buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos como tracción, flexión, cortante, entre otros., por tal razón es común usarlo asociado al acero, conocido con el nombre de hormigón armado o hormigón pre-reforzado en algunos lugares, que depende en gran medida al conjunto de las diversas sollicitaciones que sean requeridas.

Para lograr modificar diversas de sus características o comportamientos, se pueden utilizar una gran variedad de aditivos existentes en la naturaleza o creados artificialmente como: colorantes, retardadores de fraguado, aceleradores, fluidificantes, fibras impermeabilizantes y otros.²

Los materiales en gran medida son los principales responsables para obtener un hormigón de calidad, que se encuentran compuesta por aire (1,5 %), agua (15%), cemento (10%) y los agregados finos y grueso (73,5).

¹ Norma Ecuatoriana de la Construcción. (08 de 2014). Estructuras del Hormigón Armado. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>

² Barros, V., & Ramírez, H. (2012). Diseño de hormigones con fibra de polipropileno para resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pico. Quito: Universidad Central del Ecuador.

2.2. Materiales

2.2.1. Agregados

Los agregados (75%) son los principales responsables de la calidad del concreto, su empleo de combinaciones de agregados reduce el contenido de cemento, obteniendo hormigones más económicos, con mayor estabilidad volumétrica y un menor calor de hidratación.³

2.2.1.1. Agregado grueso

Se encuentra constituido por rocas graníticas, sieníticas y dioríticas, también pueden usarse grava zarandeada o piedra partida en chancadora de los lechos de los yacimientos naturales o ríos. El agregado grueso de menor tamaño (3/8 o 1/2 de pulgada) es más duro, recomendado y resistente para producir hormigones mayores a 62 MPa (9000 PSI).

Este tipo de agregado ocupa el mayor volumen (75%) en el hormigón, por tal motivo debe tenerse un especial cuidado al seleccionarlo, porque se lo ocupa en la dosificación y afecta a la resistencia y las propiedades del hormigón. Por esta razón, al momento de elegir el agregado grueso debe hacerse libre de fisuras o planos débiles, duro, limpio y libre de recubrimientos en la superficie, y presentar una materia orgánica inferior al 1.5%, ni arcillas más del 5%, muchas veces debe evaluarse las propiedades de los agregados ya que como se dijo anteriormente influye directamente en la resistencia del hormigón.

2.2.1.2. Agregado fino

El agregado fino debe ser fuerte, duradero, rígido, libre y limpio de materias impuras como limo, polvo, álcalis, pizarra y materias orgánicas (No debe presentar más de 5% de arcilla o limos superiores al 1.5% de materias orgánicas). La forma de partícula (debe pasar el tamiz no. 4, es decir, el tamiz con cuatro aberturas por pulgada lineal) y la textura, tienen efectos muy significativos al momento de plasmar la mezcla, ya sea por afectar en cierta manera a la resistencia que se procura obtener, o también por la

³ Bonavetti, V., Menéndez, G., & Irassar, E. (2008). Los Diseños de experimentos y tecnología del hormigón. de la Construcción, 94-104.

afectación de la mezcla, al absorber agua o contener humedad, por lo cual se obtendrían hormigones muy secos o muy trabajables.

“El ACI recomienda que la finura del agregado fino debe encontrarse en un rango de 2.50 hasta 3.20 para obtener una buena resistencia en los hormigones, debido a que si es menor a 2.50, la mezcla puede presentarse pegajosa, y no poseer la trabajabilidad deseada y necesitar cantidad adicional de agua”.⁴

2.2.2. Cemento portland

Son los más empleados en las construcciones debido a que la mezcla está formada básicamente por mezclas de caliza, yeso y arcilla que son minerales muy cuantiosos en la naturaleza, por poseer un precio relativamente bajo en comparación con otras materias primas y por poseer propiedades muy apropiadas para las metas que deben realizar.

Generalmente los cementos se emplean para producir hormigones y morteros cuando se mezclan con áridos (naturales o artificiales) y agua, obteniéndose con ellos elementos constructivos construidos "in situ" o prefabricados.⁵

2.2.3. Agua en mezclados

El agua es un elemento esencial en las mezclas de morteros y concreto, debido a que permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. El agua tiene la característica de hidratar el cemento y aumentar la fluidez de la mezcla para cumplir la función de lubricante de los agregados, logrando obtener la manejabilidad correcta de las mezclas frescas. Cuando se requiere una mezcla fluida no debe emplearse agua para obtener mayor fluidez, sino que debe agregarse aditivos plastificantes.

Para lograr obtener un concreto de calidad el agua debe presentar las siguientes propiedades:

- Las aguas aptas para hacer concretos deben contener menos de 2000 p.p.m. de sólidos disueltos.

⁴ Chiluisa, J. (2014). Hormigones de alta resistencia ($f_c = 50\text{mpa}$) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento armado especiallafarge. Recuperado el 29 de octubre de 2016, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3022/1/T-UCE-0011-140.pdf>

⁵IECA. (2016). Historia del Cemento. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de https://www.ieca.es/reportaje.asp?id_rep=5

- La presencia en el agua de bicarbonatos y carbonatos de potasio o de sodio para la mezcla, producen en el cemento un fraguado rápido. Pero hay que controlar las concentraciones altas que suelen disminuir la resistencia del concreto.

El agua de curado tiene como fin mantener al concreto saturado para lograr que la mayor parte del cemento se hidrate, permitiendo así un incremento en su resistencia. Las sustancias que se encuentran presentes en el agua durante el curado pueden causar manchas en el concreto causando su deterioro, esto se da dependiendo del tipo de sustancias presentes en el. Las causas más comunes de manchas son: la materia orgánica o el hierro disuelto en el agua.⁶

2.2.4. Aditivos

Los aditivos son mejoradores y modificadores de las mezclas de concreto. Son productos solubles en agua, que se adicionan durante el mezclado, en porcentajes no mayores al 1% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en estado fresco o en condiciones de trabajo.

Los aditivos han tomado gran importancia dentro del mundo de la construcción debido a que presentan varias acciones, como permitir la producción de concretos con características diferentes y muy tradicionales que han dado un impulso creciente como acelerar el fraguado de la pasta.⁷

2.3. Fibras de polipropileno

Las fibras de polipropileno son productos sintéticos que se emplean cada día más, debido principalmente a que reducen considerablemente el agrietamiento del concreto, estos productos plásticos se fabrican en diversos tamaños y grosores. En muchas ocasiones la fibra proporciona protección en las primeras 24 horas para evitar el

⁶ Bernal, J. (14 de Enero de 2009). El agua del concreto. Recuperado el 2016 de Octubre de 2016, de <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>

⁷ Roncero, J., & Magarotto, J. (2008). Aditivos para hormigón, Control efectivo de los parámetros reológicos del hormigón mediante el empleo de aditivos modificadores de viscosidad. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de <http://boletin-iccyc.com/files/files/260.pdf>

agrietamiento, en otras puede reemplazar totalmente la malla de refuerzo no estructural que se acostumbra para evitar que las grietas de concreto se abran.⁸

2.3.1. Tipos de fibras de polipropileno

2.3.1.1. Monofilamento: La fibra copolimérica es de tipo filamentosos, no fibrilada, orientada totalmente, con un perfil que permite a la matriz cementicia anclarla. Fibra de filamento simple típicamente cilíndrico en su sección transversal⁹. Se define también como cualquier simple de una fibra manufacturada, usualmente con un denier más alto que 14.

En lugar de un grupo de filamentos que están siendo extrudidos a través de una hilera para formar el hilo, los monofilamentos generalmente son girados individualmente. En la Tabla 2.1 se presentan las propiedades de la fibra sintética mencionada.

Tabla 2.1. Propiedades de la fibra de polipropileno monofilamento

Fibra	Monofilamento de copolímero virgen
Color	Gris
Longitud, mm	38
Resistencia a tensión, kg/cm ²	6328 – 7031
Módulo elástico, kg/cm ²	43000
Peso específico	0,93
Punto de ignición, °C	177

Tomado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v2n2/v2n2a3.pdf>

⁸ Constructor Civil. (2011). Fibras de polipropileno. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/normal-0-21-false-false-false.html>

⁹ Aire, C., Dávila, P., & Mendoza, C. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. Nuevo León: Revista Investigación y Desarrollo.

2.3.1.2. Fibrilada: Fibra en una película con hendiduras donde las secciones de las secciones con fibras forman fibrillas ramificadas.

2.3.1.3. Mallas fibriladas: Mallas continuas de fibra, en las cuales las fibras individuales tienen fibrillas ramificadas.

2.3.1.4. Multifilamento: Un hilo que consta de muchos filamentos o hebras continuas, en oposición al monofilamento que es una hebra. La mayoría de los hilados textiles son multifilamento.¹⁰

2.4. Dosificación de hormigones

Los componentes de una mezcla se gradúan de tal forma que el hormigón tenga una adecuada resistencia, una trabajabilidad idónea y un bajo costo. Este último principio obliga a la utilización mínima de cemento (el componente más costoso) que asegure las propiedades requeridas. Mientras mejor sea las mezclas de los agregados, es decir, mientras menor volumen de vacíos exista, menor es la pasta de cemento que se va a necesitar para llenar estos vacíos.

El agua a medida que se agrega en la superficie de los agregados, aumentará la plasticidad y la fluidez de la mezcla (mejora su manejabilidad), pero así resistencia disminuye su resistencia, debido al mayor volumen de vacíos creados por la cantidad de agua libre que existe. Pero este problema es solucionable manteniendo su manejabilidad y reduciendo contenido de agua libre agregando cemento, de este modo, desde el punto de vista de la pasta del cemento, la relación cemento-agua dado, se selecciona la cantidad mínima de cemento que asegure la manejabilidad deseada.¹¹

2.5. Propiedades físico-mecánicas

Las propiedades físico-mecánicas del hormigón se pueden programar dentro de un espectro amplio, mediante el estudio detenido y selección de los elementos que se combinación de entre ellos; las propiedades del hormigón no son las mismas durante su fabricación y las adquiridas luego del proceso de fraguado, por tal motivo, se las ha

¹⁰ Benavides, W y González L.(2012). Fibras de Polipropileno para reforzamiento de matrices cementicias. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

¹¹ Angulo, J., & Gorozabel, L. (2016). Evaluación de la calidad y la resistencia del hormigón, preparado con agregados lavados y no lavados, explotados en la cantera Megarok de la parroquia Picoazá del cantón Potoviejo. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.

clasificado en dos grupos, el primer grupo correspondiente al hormigón durante su momento de fabricación conocido como hormigón fresco, y el segundo grupo correspondiente al hormigón endurecido luego del fraguado. Hay que tener claro que las propiedades del hormigón en gran medida dependen de las proporciones y calidad de los componentes que forman la mezcla, así como también, de las condiciones de temperatura y humedad, durante los procesos de fabricación y endurecimiento. “El endurecimiento y fraguado del hormigón son dos estados separados de manera convencional, que se da en un único proceso de hidratación continuo”.¹²

2.4.1. Propiedades del hormigón fresco

El hormigón fresco presenta la capacidad de moldearse por la plasticidad que lo caracteriza hasta iniciar el proceso de fraguado, identificándose en él, diferentes propiedades.

2.4.1.1. Trabajabilidad

La trabajabilidad en una mezcla de hormigón puede definirse como la facilidad de mezclarse, transportarse, manejarse y evacuar con una pérdida mínima de homogeneidad en su posición final. Esta propiedad depende de las características físicas, proporciones de los ingredientes, de las condiciones de la obra, de la geometría del elemento, tamaño del refuerzo y del espaciamiento.

Muchas veces una mezcla puede la consideran trabajable en ciertas condiciones y pueden no serlo en otras, por ejemplo, si el hormigón que se utiliza para la losa de un pavimento tiene una trabajabilidad satisfactoria, presentaría problemas para vaciarlo en una columna reforzada fuertemente, por tratarse de un hormigón seco con un tamaño limitado de agregado que no fluiría con facilidad a través del refuerzo de la columna, ocasionando la formación de cangrejeras.¹³

2.4.1.2. Consistencia

La consistencia del hormigón es el menor o mayor grado que presenta el hormigón para deformarse y que repercute en ocupar los huecos del molde donde se vierte o encofrado, hay que tener claro, que en esta propiedad influyen diferentes

¹² Propiedades Físicas y Químicas. (s.f.). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/245/1/T-UCE-0011-8.pdf>

¹³ Constructor Civil. (02 de 04 de 2011). Trabajabilidad de una mezcla. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/01/trabajabilidad-de-una-mezcla-de.html>

factores, como el tamaño máximo y la forma de los áridos, la cantidad de agua en el amasado y su granulometría. La consistencia debe fijarse en una obra previamente, analizando cual será consistencia más adecuada para su colocación en el medio de compactación que se tiene.

El método más empleado para determinar la consistencia es el Cono de Abrams, que consiste en rellenar un molde troncocónico de 30 cm de longitud con hormigón fresco, entendiéndose en él, que si la altura que disminuye cuando la mezcla se desmolda, es la medida de la consistencia.¹⁴

2.4.1.3. Homogeneidad y uniformidad

La homogeneidad de un hormigón es el mantenimiento de las características físicas dentro de la mezcla, se analiza determinando la dispersión existente entre las características de dos muestras tomadas en una amasada, que permite comprobar la idoneidad de los procesos de amasado, dosificación y transporte. Mientras que la uniformidad es el mantenimiento de las características en diferentes mezclas, que se estudia determinando, mediante el coeficiente de variación, la dispersión que existe entre las características análogas de los amasados, por tal motivo se aplican valores a 28 días de resistencia a compresión.¹⁵

2.4.1.4. Compacidad

La compacidad se encuentra ligada a la densidad, porque depende de los mismos factores que intervienen en el método de consolidación empleado. Este método de consolidación tiene por objetivo introducir, en un determinado volumen, la mayor cantidad de áridos posibles y al mismo tiempo, que los huecos dejados por ellos con la pasta de cemento se rellenen, eliminando las burbujas de aire por completo.

La relación directa existente entre la de un hormigón y sus resistencias mecánicas de un hormigón es evidente, por lo cual la compacidad aumenta con el volumen de materias sólidas que componen el hormigón, en comparación con los volúmenes que el agua y aire ocupan, por tal motivo, una buena compacidad

¹⁴ Construmática. (s.f.). Consistencia del Hormigón Fresco. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Consistencia_del_Hormig%C3%B3n_Fresco

¹⁵ Preparacion y puesta en obra del hormigón. (s.f.). Obtenido de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema11.pdf

proporciona una mayor resistencia mecánica (sobre todo frente a esfuerzos, desgaste, impactos, vibraciones, etc.), sino también una mayor resistencia física como el efecto de la helada.¹⁶

2.4.1.5. Exudación

La exudación del hormigón es un fenómeno que se produce por aumento de agua del amasado en una mezcla de hormigón durante el tiempo que dura su fraguado, generalmente lo que pasa durante este proceso es que los componentes de la mezcla se segregan, el agua tiende a elevarse por incapacidad de los áridos de detenerla, dicha elevación crea una capa en la superficie débil, delgada y porosa que se evapora de forma lenta.¹⁷

2.4.1.6. Cohesividad

La cohesividad es una medida en una mezcla fresca del grado de fluidez que contiene, por tal motivo se encuentra estrechamente ligada con la consistencia. La consistencia que se elige depende de la dificultad del hormigonado, compactación y de los medios de colocación disponibles fundamentalmente. Esta propiedad es una de las más importantes que determina en una mezcla su trabajabilidad, para ser determinada se evalúa mediante el ensayo de asentamiento del Cono de Abrams.¹⁸

Tabla 2.2. Comportamiento cohesivo de los hormigones

TIPO	COMPORTAMIENTO	ASENTAMIENTO
Hormigón seco	Es suelto sin cohesión	1 cm a 4,5 cm
Hormigón plástico	Es levemente cohesivo	5 cm a 9,5 cm
Hormigón blando	Es levemente fluido	10 cm a 15 cm
Super fluidificado	Contiene aditivo y es fluido	15,5 cm a 22 cm

Fuente: Angulo, J., & Gorozabel, L. (2016).

¹⁶ Eddy, H. (15 de 04 de 2011). Compacidad del hormigón endurecido. Obtenido de <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/2-compacidad-del-hormigon-endurecido.html>

¹⁷ Exudación del hormigón. (2010). Obtenido de <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/exudacion-del-hormigon.html>

¹⁸ Angulo, J., & Gorozabel, L. (2016). Evaluación de la calidad y la resistencia del hormigon, preparado con agregados lavados y no lavados, explotados en la cantera Megarok de la parroquia Picoazá del cantón Potoviejo. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.

2.4.1.7. Segregación

La segregación es la separación de los componentes en una mezcla provocando que el amasado del hormigón fresco muestre en sus partículas una distribución no uniforme, si el hormigón presenta una buena resistencia frente a la segregación, significa que los áridos que lo componen están uniformemente distribuidos en el amasado.

La mezcla adecuada de los componentes y sobre todo de los áridos de la masa depende de la dosificación que se utilice, para así lograr una homogeneidad en el hormigón fresco, hay que tener claro que esta mezcla puede dislocarse durante el vertido, el transporte y durante el compactado, dando lugar a que los componentes del hormigón tiendan a separarse unos de otros de acuerdo con su densidad y tamaño.¹⁹

2.4.1.8. Falso fraguado

El falso fraguado del cemento es el causante de problemas importantes durante la manipulación del hormigón fresco que no ha sido difundido ampliamente, por lo que suele menospreciarse durante la realización de una obra. Esto se presenta en las obras en que usan relaciones bajas de agua-cemento, como las de pavimentación, donde generalmente los tiempos de mezclado son cortos. Si el hormigón preparado con el cemento portland presenta un falso fraguado disminuirá durante las operaciones su consistencia, previa a la ubicación en los encofrados, aumentando generalmente por el tiempo de hormigonado e incrementando los costos de mano de obra por colocación y terminación.²⁰

2.4.2. Propiedades del hormigón endurecido

El proceso físico-químico que sufre el hormigón hasta lograr endurecerse le proporciona múltiples propiedades que hay que tener en cuenta al momento de transformarse.

¹⁹ Gordón, J. (04 de 2010). Segregación del hormigón. Obtenido de <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/segregacion-del-hormigon.html>

²⁰ Batic, O., Colina, J., & Wainsztein, M. (s.f.). Influencia del fenómeno de falso fraguado del cemento portland en hormigones utilizados en obras viales. Serie II.

Se distinguen tres tipos de propiedades en el hormigón endurecido, las cuales se deben tomar en cuenta al momento de construirlo, las físicas que presentan la densidad, permeabilidad y retracción; las mecánicas que presenta deformabilidad, módulo de elasticidad, resistencias a tracción y a desgastes; y las químicas que dependen de su durabilidad.

2.4.2.1. Densidad

Conceptualmente la densidad es la relación existente entre el peso por unidad de volumen en el hormigón, que puede variar en dependencia con el tipo de árido que se utilice y con la forma de colocación en obra. Existen tres tipos de hormigones de acuerdo a la densidad que presentan, los de densidad más baja conocidos como hormigón ligero que oscila entre valores de 200 a 1500 kg/m³, los de densidad alta conocidos como hormigones pesados que alcanza valores de 4000 kg/m³ que normalmente se utilizan en la construcción de pantallas de protección contra las radiaciones. También se encuentran los hormigones ordinarios que presentan densidades que oscilan entre valores de 2000 a 2600 kg/m³.²¹

Tabla 2.3. Densidades de hormigones ordinarios

TIPOS	VALORES (kg/m ³)
Apisonados	2000 a 2200
Vibrados	2300 a 2400
Centrifugados	2400 a 2500
Proyectados	2500 a 2600

Fuente: (Construmática, s.f.)

²¹ Construmática. (s.f.). Hormigón endurecido. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n_Endurecido

2.4.2.2. Permeabilidad

La permeabilidad se refiere a la cantidad de desplazamiento de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un tiempo determinado, para lograr ser el resultado de la composición de la porosidad en la pasta de hormigón, la asociación o la hidratación con la liberación de calor o calor de hidratación y evaporación del agua del amasado, la formación de cavidades, la temperatura del concreto y las grietas por contracción plástica durante el tiempo de fraguado.

Los cloruros se encuentran asociados íntimamente al cemento hidratado no son solubles en agua, por lo que no suelen causar corrosión, no obstante, se ha comprobado que los cloruros que se encuentran acoplados a algún compuesto de hidratación del cemento pueden romper ese enlace y regresar otra vez a la solución del orificio, generalmente varía con la salinidad que contiene el agua. Otro de los compuestos que generan deterioro al hormigón son los sulfatos, las principales fuentes de sulfatos comúnmente presente en las aguas de residuos industriales, así como el agua de mar que contiene una concentración de 0,004 de sulfato de sodio aproximadamente.²²

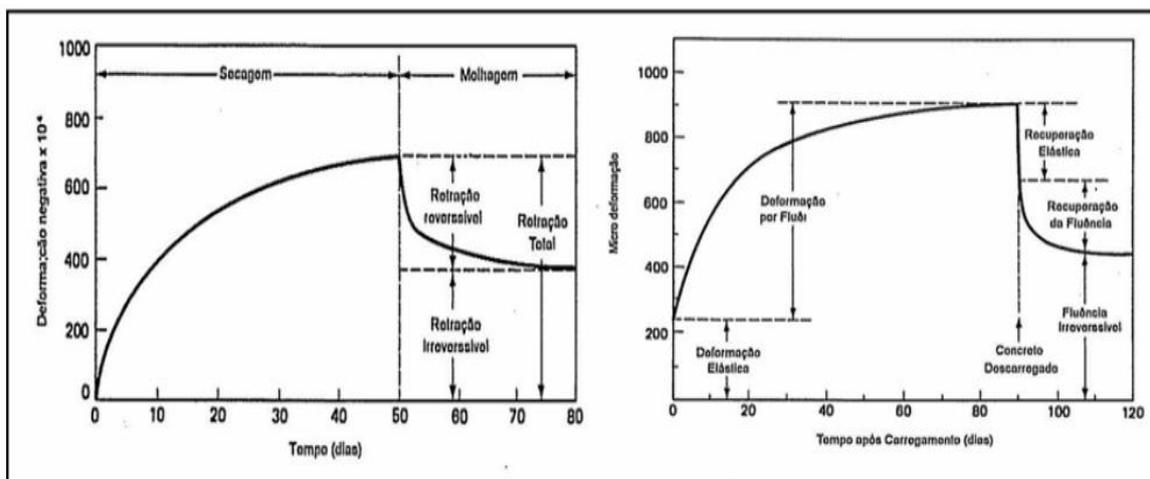
2.4.2.3. Retracción

La retracción se trata sobre las deformaciones no instantáneas que sufre el hormigón y que varía en dependencia del tiempo. Generalmente se presentan dos tipos de retracciones, la primera que se debe a un gradiente de humedades entre el medio en el que está inmerso y el material conocida como retracción por secado, y la segunda que surge por la aplicación de una tensión (o deformación) constante en el tiempo. Ambos presentan características en común, como su origen en la pasta de cemento, son parcialmente reversibles, las curvas deformación-tiempo son similares (figura 2.1) y los factores que afectan a uno generalmente producen el mismo efecto en otro.²³

²² Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. Instituto Tecnológico Metropolitano : Revista Tecno Lógicas .

²³ Idiart, A. (s.f.). Análisis numérico de la retracción por secado en muestras de hormigón. Capítulo 3.

Figura 2.1. Deformación en función del tiempo para un ciclo de secado y mojado (izquierda) y otro de carga y descarga (derecha).



Tomado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6433/05.pdf?sequence=6>

2.4.2.4. Resistencia a la compresión del hormigón

La resistencia a la compresión simple en el hormigón es la característica mecánica más importante, su evaluación se efectúa mediante el ensayo de probetas, según operatorios normalizados operatorios. Las probetas cilíndricas utilizadas se encuentran estandarizadas presentando 15cm de diámetro y 30 cm de altura, las cuales son llevadas a la rotura mediante el incremento rápido de cargas, éstas resistencias normalmente se la mide a los 7, 14 y 28 días de fraguado bajo las condiciones controladas de humedad.²⁴

2.4.2.5. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo al que es sometido el hormigón y su deformación unitaria, representando la rigidez que resulta de aplicación de un esfuerzo a un material. Cuando la relación entre la deformación unitaria y el esfuerzo al que está sometido el material es constante, lineal y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke.

Existen dos módulos de elasticidad, uno que es el “Estático” en el cual no se cumple la ley de Hooke, para determinar el módulo de elasticidad estático del concreto

²⁴ Conrado, M y Rojas, J. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 mpa con agregados de la cantera de Guayllabamba. Quito: Universidad Central del Ecuador.

se hace por medio de la Norma técnica Colombiana 4025, que tiene como antecedente la ASTM C 469, cuyo principio es la aplicación de la carga estática correspondiente deformación unitaria producida. La CIRSOC 201 establece una ecuación relacionada con la resistencia (MPa):

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \text{ para hormigones de densidad normal}$$

$$E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'c} \text{ para hormigones de densidad } w_c \text{ entre } 1500 \text{ y } 2500 \text{ kg/m}^3$$

El otro módulo es el “Dinámico” que se obtiene por un ensayo no destructivo que se utiliza para estudiar los cambios progresivos de resistencia en el hormigón en un número mínimo de probetas, generalmente aplicado en los ensayos de congelación y deshielo.²⁵

2.4.2.6. Resistencia a tracción

Esta resistencia es importante en relación al agrietamiento, debido a la limitación de las contracciones. La propagación y formación de grietas, en el lugar de tracción de los componentes del hormigón armado sometidos a flexión, dependen de la resistencia a la tracción, así como del resultado de torsión, cortante y otras acciones, y en la mayoría de los casos del comportamiento de sus elementos que cambian el agrietamiento.

Existen tres formas de resistencia a la tracción, la tracción por flexión que es el módulo de rotura en el hormigón, por hendimiento en el cual se da por tracción indirecta y por tracción axial conocida también como tracción directa que no se realiza con frecuencia por las dificultades que se exhiben en la aplicación de fuerzas por tracción directa.²⁶

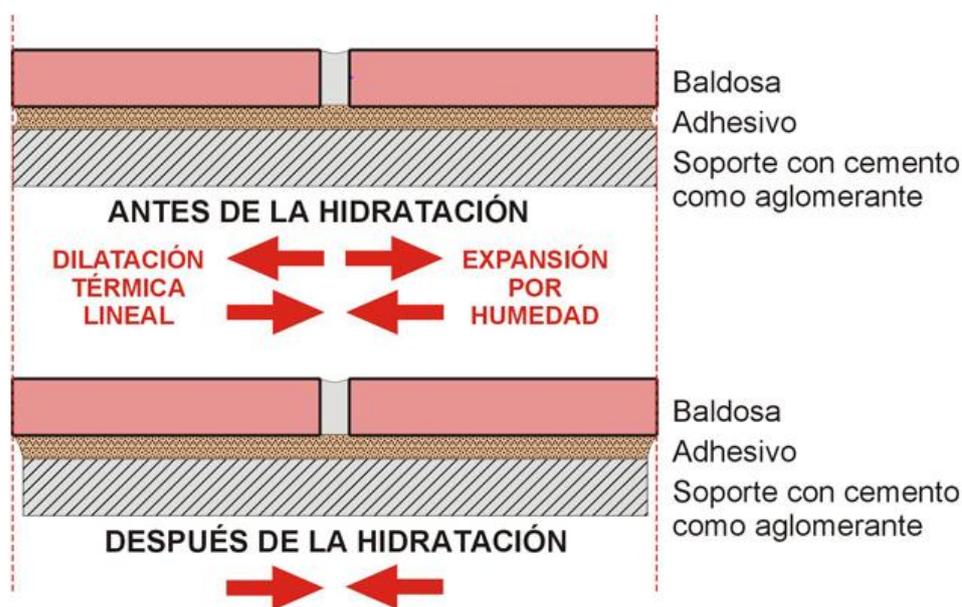
2.4.2.7. Deformabilidad

La deformabilidad es considerada una característica opcional en los adhesivos cementosos, que se mide a través de cizalladura (norma DIN 53265) y de esfuerzos de flexión (deformación transversal, norma UNE-EN 12002). La deformabilidad de un adhesivo es cuando el sistema adherente/adhesivo conserva su cohesión ante esfuerzos mecánicos de flexión y cizalladura, ya sean éstos variables o permanentes en el tiempo.

²⁵ Osorio, J. (s.f.). ¿Qué es el módulo de elasticidad en el concreto? Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-modulo-de-elasticidad-en-el-concreto/>

²⁶ Ingeniería Civil. (2011). Resistencia a la tracción del hormigón. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/04/resistencia-la-traccion-del-hormigon.html>

Figura 2.2. Contracción por hidratación del cemento



Tomado de: <http://www.anfapa.com/es/morteros-para-la-colocacion-de-baldosas-ceramicas/178/deformabilidad>

Las características fundamentales de los adherentes que forman tensiones de cizalladura se tienen:

- El coeficiente de expansión por humedad
- El coeficiente de dilatación térmica lineal
- La contracción en el proceso de hidratación de los materiales directos que se emplean con el cemento como aglomerante.²⁷

2.4.2.8. Resistencia al desgaste

La resistencia a la abrasión o desgaste se logra al controlar una serie de factores, por lo cual la resistencia específica del hormigón debe ser completada por prácticas apropiadas de construcción. Éstos tipos de técnicas incluyen el colado, acabado, curado y compactación, cuando se requiere de una alta resistencia a la abrasión deben emplearse agregados especiales o tratamientos de superficies de espolvoreado seco, teniendo claro señalar que para aplicaciones especiales están disponibles capas de desgaste.

²⁷ Anfapa (Asociación de fabricantes de morteros y SATE). (s.f.). Morteros para la colocación de baldosas cerámicas. Obtenido de <http://www.anfapa.com/es/morteros-para-la-colocacion-de-baldosas-ceramicas/178/deformabilidad>

Varios factores influyen en la resistencia a la abrasión o durabilidad de las superficies de pisos de concreto, no obstante, para pisos industriales la resistencia a la abrasión se ha convertido en un factor clave de la durabilidad, que depende del medio ambiente en el que estará maniobrando el pavimento, la congelación, el deshielo, la corrosión del acero de refuerzo y cualquier posible ataque químico.²⁸

2.4.2.9. Durabilidad

La durabilidad del hormigón se entiende como la habilidad del material para resistir ataques físicos, las acciones del medioambiente, ataques químicos u otros procesos de deterioro durante el tiempo para el cual fue planeado con un mantenimiento mínimo, resulta indiscutible que una estructura mantenga condiciones adecuadas de servicio durante el período de diseño para ser adecuadamente construida y proyectada, utilizando para ello los materiales adecuados. Por tal motivo, resulta fundamental realizar un minucioso estudio durante la etapa de proyecto de cargas actuantes sobre la estructura y las condiciones de agresividad a las que puede estar expuesta, incluyendo para ello condiciones como la acción del ambiente, la erosión, el ataque químico y todos aquellos distintos procesos de deterioro que pueden afectar a la armadura y al hormigón. Una vez conocidas las condiciones de agresividad, se debe diseñar una estructura que contenga las dimensiones, calidad de hormigón, espesores de recubrimientos y en ocasiones las protecciones anexas cuando el grado de agresividad resulta muy significativo.

Los principales procesos de deterioro a los que se encuentran exhibidas las estructuras de hormigón son:

- Ataque físico
- Ataque químico
- Fisuras, grietas y otros defectos
- Reacción álcali agregado
- Corrosión de armaduras y otros metales embebidos en el hormigón
- Otros procesos internos de deterioro.²⁹

²⁸ IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto). (03 de 2007). Problemas, causas y soluciones. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistact06/mar07/PROBLEMAS.pdf>

²⁹ Becker, E. (s.f.). Durabilidad del hormigón. Obtenido de <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Bibliografia/DURABILIDAD%20DEL%20HORMIG%20D3N.pdf>

CAPÍTULO 3

3. Visualización del alcance de estudio

3.1. Aporte social

En el aspecto social, este tipo de investigación busca brindar a nuestra provincia un hormigón de calidad elaborados con los agregados de la cantera Megarok de Picoaza, que son reconocidos por su eficiencia al momento de realizar una obra, y que en conjunto con las propiedades que proporciona las fibras de polipropileno (microfilamento fino y fibrilada) reforzarlo, lo que brindará confiabilidad y seguridad en las construcciones, además este tipo de hormigón puede ser utilizado por los ingenieros en construcciones de mayor importancia teniendo una perspectiva clara de que los materiales utilizados proporcionarían en el hormigón una resistencia final de $f'c$ 240 kg/cm², lo cual será demostrado en los ensayos aplicados.

3.2. Aporte económico

Con los últimos antecedentes telúricos que sufrió nuestra provincia se logró observar que se da una mala utilización a los componentes de hormigón, lo cual ha generado pérdidas económicas en los habitantes, por tal motivo, la presente investigación busca proporcionar un hormigón con costos menores a otros, debido a que se utilizará una menor cantidad de los componentes (que tienen un precio elevado), reemplazando dicha cantidad con las fibras sintéticas de polipropileno que presentan un bajo coste, lo que significaría que se obtendrá beneficios en la calidad del hormigón así como en nuestra economía ante sucesos de este tipo, por las bajas resistencias presentadas.

3.3. Aporte científico

La presente investigación aportará un gran impacto científico, debido a que en ella se demostrará que las fibras de polipropileno aportan las propiedades de resistencias requeridas ($f'c$ 240 kg/cm²) en el diseño de hormigones convencionales en conjunto con los agregados de la cantera Megarok, lo que beneficiará a los ingenieros y constructores en obras que requieran de hormigones elaborados con una alta resistencia.

3.4. Ensayo de campo

En la presente investigación se realizó ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas de los agregados que permitan diseñar una hormigón con propiedades de resistencias de 240 kg/cm², en la cual se optó por trabajar con ensayos por duplicado tan como se está especificado en el Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1573 (ASTM C 39) para tener una mayor confiabilidad en los resultados, agregándose fibras de polipropileno (microfilamento fino y fibrilada) a uno de los ensayos y a otro no para observar si existen diferencias significativas entre ellos. Para los ensayos con fibras de polipropileno se utilizó seis cilindros (capacidad de 15 kg c/u) correspondientes a los ensayados a los 7, 14 y 28 días (tres periodos por duplicados) con una dosificación de 1,332 Kg agua, 0,005 kg de fibras, 2,622 Kg de cemento, 4,971 Kg de arena y 6,070 Kg de ripio en cada uno de ellos; al igual que en el otro ensayo para el hormigón sin fibras de polipropileno se trabajaron con 6 ensayos para los 7, 14 y 28 días explicados anteriormente, con una dosificación de 1,337 Kg de agua, 2,622 Kg de cemento, 4,971 Kg de arena y 6,070 Kg de ripio.

3.5. Hipótesis

Las fibras de polipropileno le proporcionarán una resistencia de 240 kg/cm² al hormigón convencional diseñado con los materiales de la cantera Megarok de la parroquia Picoazá.

3.6. Variables y su operacionalización

3.6.1. Variable independiente

Cuadro 3.1. Diseño de un hormigón convencional de resistencia 240 kg/cm².

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
El hormigón; pese a que presenta una alta resistencia a la compresión, se muestra débil a las solicitaciones de tracción, razón por la cual debe ser utilizado junto con otros materiales tales como el acero y los diferentes tipos de fibras para compensar dichos esfuerzos	Resistencia a la compresión	Análisis de laboratorio	*Granulometría *Peso específico *Peso Unitario *Abrasión *Humedad *Resistencia a Compresión	Observación y pesado de muestras de hormigones diseñados
	Dosificación de hormigones	Cantidad correcta de los materiales de Picoazá para obtener un hormigón de alto desempeño	*Relación agua-cemento-agregados y fibra de polipropileno	Ensayos de laboratorio

3.6.1. Variables dependientes

Cuadro 3.2. Fibras de polipropileno

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
Las fibras de polipropileno cuentan con algunas características que les hacen ser un complemento ideal para obtener ciertas ventajas en las obras y concretamente como añadido al hormigón.	Fibrilada	Fibrillas ramificadas	Proporciona resistencia a la compresión	Aplicación y observación en la muestra de hormigón diseñada
	Monofilamento	Denier más alto de 14	Proporciona resistencia a la compresión y son girados individualmente	Aplicación y observación en la muestra de hormigón diseñada

Cuadro 3.3. Agregados de la cantera Megarock de Picoazá

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
Se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas	Agregado Fino	Utilización idónea de los componentes para la obtención de hormigones convencionales	Ensayos de laboratorio (Tamiz)	Observación de las muestras de hormigones diseñadas
	Agregado Grueso	Durabilidad del hormigón	Toma de muestras de los agregados	Observación de los diferentes ensayos

CAPÍTULO 4

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de hormigones de resistencia $f'c$ 240 kg/cm² con fibras de polipropileno fibrilada y microfilamento fino con los materiales de la cantera Megarok de Picoazá.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-mecánicas de los agregados de la cantera Megarok de la parroquia Picoazá para el diseño de hormigones.
- Establecer el porcentaje de fibra fibrilada y fibra de microfilamento fino a utilizar en el diseño de los hormigones.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los hormigones diseñados con las fibras de polipropileno.
- Proponer una curva comparativa con los valores de resistencia a compresión de las probetas con y sin fibra de polipropileno, para luego ver la evolución de cada probeta con el paso de los días.

4.3. Campo de acción

La presente investigación se basa en el análisis comparativo de las resistencias obtenidas en elaboración de hormigones convencionales proporcionadas por el uso de los agregados de la cantera Megarok y las fibras de polipropileno (fibrilada y microfilamento fino) en obras de ingeniería civil.

CAPÍTULO 5

5. Desarrollo del diseño de investigación

El objetivo del capítulo consiste en describir la investigación experimental desarrollada en los laboratorios de suelos, rocas y asfaltos de la Universidad Técnica de Manabí.

5.1. Metodología

La investigación planteada involucra un proceso de análisis y comprensión de una de una realidad y los problemas que en ella hay; en este contexto, se utilizarán métodos científicos y el más habitual y comúnmente utilizado es el método hipotético deductivo, dado a que otorgará validez y fiabilidad a la investigación. Es importante indicar que este estudio tiene diversidad de enfoques: teórica, práctica, aplicada, entre otras y se basará en la investigación de campo, dado a que consiste en analizar una situación en el lugar real donde se desarrollarán los hechos a investigarse, en este sentido, el estilo científico que realizará en esta modalidad de investigación aportará a la solución de problemas.

La técnica aplicada en la presente investigación es el ensayo, en la que se obtendrá las muestras de los agregados (rocas, arena, suelo) de la cantera Megarok, para posterior a ello realizar los ensayos en los laboratorios de la Universidad Técnica de Manabí para su respectivo análisis.

5.2. Nivel de investigación

Se realizará una investigación de campo, en la que se obtendrá materiales de la cantera Megarok de la parroquia Picoazá para el posterior diseño de los hormigones convencionales.

También se realizará una investigación científica, en la que se realizará una evaluación de las propiedades físicas a los materiales obtenidos de la cantera Megarok de Picoazá en los laboratorios de suelos, rocas y asfaltos de la Universidad Técnica de Manabí. Posterior a ello se realizaron los ensayos de dos diseños de hormigones, los

cuales se hicieron de las siguiente forma, uno con las fibras de polipropileno fibrilada y de microfilamento fino, y el del hormigón convencional sin agregársele fibra de polipropileno para verificar mediante análisis las propiedades físico-mecánicas de las muestras para ver si se obtuvo una resistencia en el hormigón de 240 Kg/cm², volviéndose un aporte muy significativo para la sociedad sobre todo por los acontecimientos telúricos que atravesó nuestra provincia.

CAPÍTULO 6

6. Propiedades de los materiales

6.1. Selección de agregados de la cantera Megarok de la parroquia Picoazá

Los agregados gruesos (Ripio) de esta cantera son el lucro de la trituración de la roca procedente de la zona, que posteriormente son tamizados, y todo el producto que quede en la parte superior del tamiz son el agregado grueso que presenta distintos tamaños nominales, mientras que el agregado fino (arena) se obtiene mediante un proceso de pulverización.

Se seleccionaron los agregados de la cantera Megarok para la realización de los hormigones propuestos en la investigación, a los cuales se le determinaron las características físicas y mecánicas mediante ensayos regulados. Para la realización de los ensayos se tomó muestras de ripio y arena homogenizadas, la cuales fueron transportadas hasta el Laboratorio Suelo, Rocas y Asfaltos de la UTM.

6.1.1. Ubicación, características de la zona y explotación de los agregados de la cantera Megarok

La cantera Megarok se encuentra localizada en la parroquia Picoazá del Cantón Portoviejo Pertenece a la provincia de Manabí sector La Sequita – Km 20 vía Picoaza, de la cual se obtuvieron los agregados finos y gruesos para el desarrollo de la investigación.

Fig. 6.1. Ubicación de la Cantera Megarok



Tomado de: Google Earth

6.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Megarok

Los ensayos de análisis para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de Megarok, se realizaron con el objetivo de verificar, si sus características cumplían con los requisitos establecidos en las normas para la construcción de un hormigón. Por tal motivo se estudiaron las propiedades físico-mecánicas que se presentan a continuación.

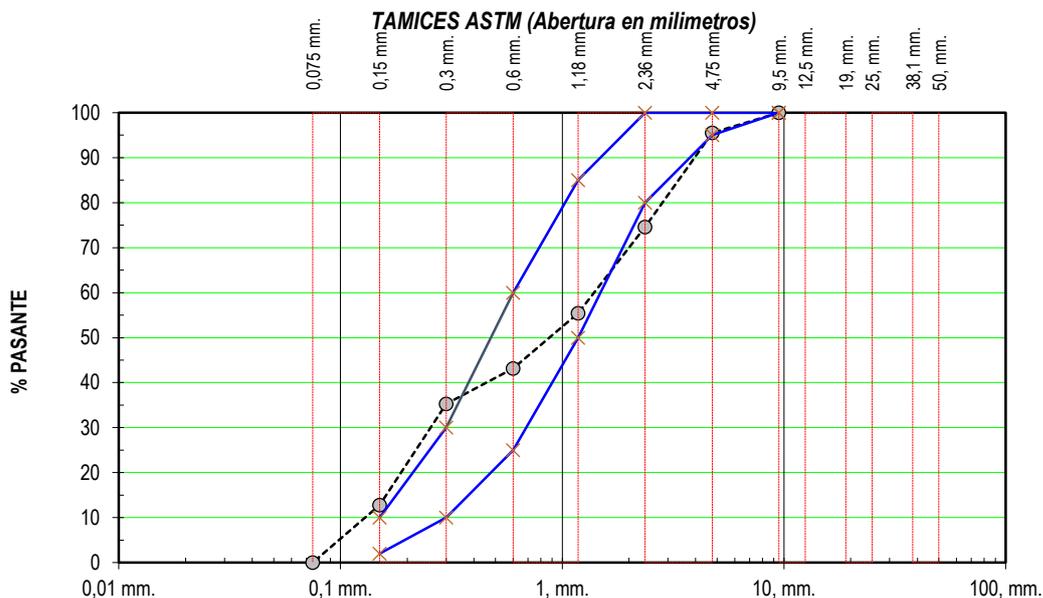
6.2.1. Granulometría

En este ensayo se estudia las propiedades físicas del agregados (ripió), en el cual el triturado no cumple con el 100% del módulo de finura adoptado en la norma, por tal motivo se trabajó con una muestra con relación de arena gruesa (75%) y arena fina (25%). En el cuadro 6.1. se presentan los resultados obtenidos de las muestras evaluadas en porcentajes del peso de las partículas que pasan a través del tamiz (<N° 4), obteniéndose un módulo de finura promedio de 2,8.

Cuadro 6.1. Rangos de módulos de finuras de la muestra

ENSAYO GRANULOMETRICO							
Proyecto:	Análisis comparativo en diseños hormigones fc 240kg/cm2			Fecha de Ensayo:	#1		
Cantera:	Cantera MEGAROK.			Uso o Propuesta	Diseño de Hormigon		
Procedencia:	Cantera MEGAROK.						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :				Arena Gruesa y Arena Fina (75-25)			
Ensayo de Humedad Natural Correspondiente a	Recipiente N°	Masa de Muestra Húmeda + Recipiente	Masa de Muestra Seca + Recipiente	Masa de Agua	Masa del Recipiente	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural
SERIE GRUESA							
SERIE FINA							
TAMIZ N°.	MASA RETENIDA		PORCENTAJES ACUMULADOS			Especificaciones INEN 872 Tabla 1 MOP 809-3.1	
Abertura	Parcial gr.	Acumulada gr.	Retenido%	% Acumulado	% Pasa		
4,75 mm. No. 4	135	135,00	4,47	4,47	95,53	95 - 100	
PASA No. 4							
2,36 mm. No. 8	633	768,00	20,95	25,42	74,58	80 - 100	
1,18 mm. No. 16	578,00	1346,00	19,13	44,55	55,45	50 - 85	
0,6 mm. No. 30	372,00	1718,00	12,31	56,87	43,13	25 - 60	
0,3 mm. No. 50	237,00	1955,00	7,85	64,71	35,29	10 - 30	
0,15 mm. No. 100	680,00	2635,00	22,51	87,22	12,78	2 - 10	
0,075 mm. No. 200	386,00	3021,00	12,78			Rangos de Módulo de Finura de 2,3 a 3,1	
FONDO	47,00						
TOTAL: 3021		Masa Inicial : 3068,00		Módulo de Finura prom de Ensayo =2,8			

Gráfico 6.1. Porcentajes de finura de la muestra evaluada de arena



Como se puede apreciar el módulo de finura promedio de la muestra, se encuentra dentro de los rangos permitidos de 2,3 a 3,1 que establece la norma INEN 0872, por tal motivo, no se presentaría ningún problema durante su elaboración, esto se debe porque si se tienen arenas con finuras menores a 2,3 no proporcionaría beneficios a la mezcla ya que repercute en la parte económica y en cambios volumétricos, y si fueran mayores serían inadecuadas porque producirían mezclas ásperas. Se obtuvo una masa de 3021 g de los 3068 g de la masa inicial, con la cual se calculó el porcentaje que se compara con las curvas establecidas en el gráfico 6.1.

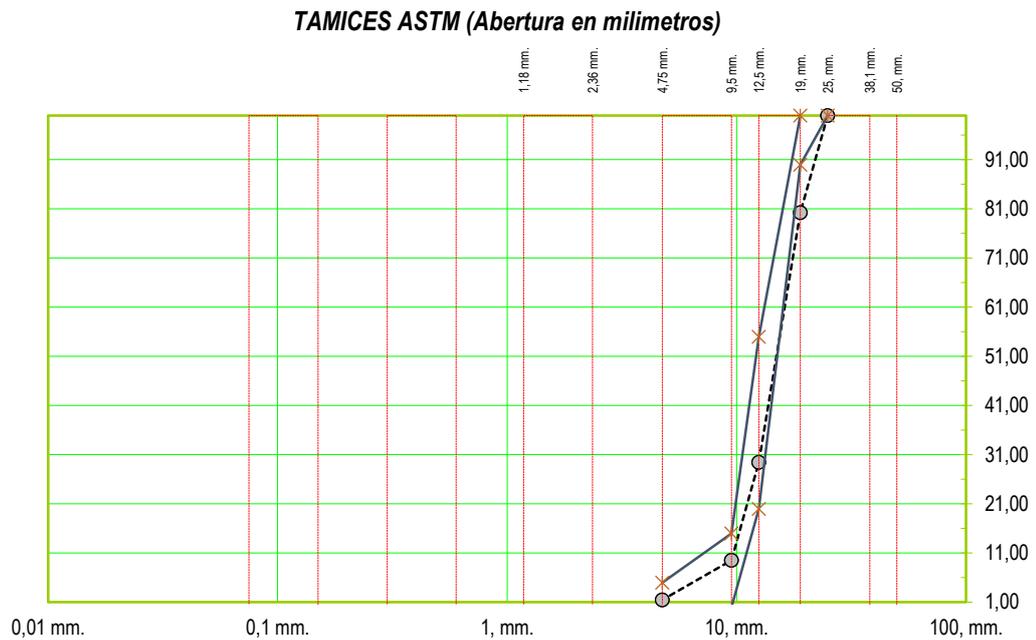
Así mismo, en el cuadro 6.2. se presentan la muestra de agregado grueso (ripio de ¾”), que atravesaban el tamiz nº4 en adelante, obteniéndose un grosor promedio de 6,808 de las muestras evaluadas de la cantera Megarok.

Cuadro 6.2. Rangos de granulometría de agregados gruesos

<u>ENSAYO GRANULOMETRICO</u>							
Proyecto:	Análisis comparativo en diseños hormigones fc 240 kg/cm2			Fecha de Ensayo:	#2		
Procedencia:	Cantera MEGAROK.			Uso o Propuesta	Diseño de Hormigon		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :				Ripio ¾ "			
Ensayo de Humedad Natural Correspondiente a	Recipiente Nº	Masa de Muestra Húmeda + Recipiente	Masa de Muestra Seca + Recipiente	Masa de Agua	Masa del Recipiente	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural
<i>SERIE GRUESA</i>							
<i>SERIE FINA</i>							
TAMIZ Nº.	MASA RETENIDA		PORCENTAJES ACUMULADOS			Especificaciones INEN 872 Tabla 1 MOP 809-3.1	
	Parcial gr.	Acumulada gr.	Retenido	Pasante	Pasante Corregido		
Abertura							
50, mm.	2 "						
38,1 mm.	1½ "						
25, mm.	1 "	0	0,00	0,00	100,00	100	
19, mm.	¾ "	728	728,00	19,76	80,24	90 – 100	
12,5 mm.	1/2 "	1872	2600,00	70,56	29,44	20 – 55	
9,5 mm.	3/8 "	733	3333,00	90,45	9,55	0 – 15	
4,75 mm.	No. 4	297	3630,00	98,51	1,49	0 – 5	
PASA No. 4				1,49			
FONDO		55,00					
Total:		3685	Masa inicial parte gruesa:		3690,00 gr	<i>TNM</i>	6,808

Los valores obtenidos en los ensayos de granulometría de los agregados gruesos permitieron ver que los agregados utilizados cumplen con el rango mínimo de medida de 4,75 mm establecido por la norma INEN, por lo cual no presentaría inconvenientes para la construcción de la obra. Además, como se puede observar se obtuvo una masa de muestra de 3685 g de los 3690 g d masa inicial y con cuyos resultados que se obtuvieron se calculó el porcentaje, que se comparan con las curvas establecidas en el gráfico 6.2.

Gráfico 6.2. Porcentajes de granulometría de la muestra evaluada



6.2.2. Abrasión

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregados gruesos menores de ½ pulgadas (37.5mm), por tal motivo se lo aplicó a los agregados gruesos a los cuales se encontró en la máquina de los ángeles con una revolución de 500, que existe diferencia entre el peso original (5000 g) y el peso final (4452 g) de la muestra de ensayo, obteniendo un desgaste del 10,96%, tal como se puede apreciar en el cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Resultados de ensayo de abrasión

ARIDO GRUESO							
<i>ENSAYO DE ABRASIÓN</i>							
PROYECTO: Análisis comparativo en diseños hormigones fc 240 kg/cm2							
ORIGEN DE LA MUESTRA: CANTERA MEGAROK.							
LOCALIZACIÓN: VÍA PICOAZÁ - CANTÓN PORTOVIEJO.				FECHA MUESTREO: 11/01/2017			
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL): RIPIO 3/4 " HOMOGENIZADO				FECHA ENSAYO: 12/01/2017			
<i>GRADACIÓN DE LA MUESTRA</i>							
NORMA NTE INEN 860:2011 Y ASTM C 131 -06							
<i>TAMICES</i>				<i>Masa de la muestra de ensayo (gramos)</i>			
<i>Mm</i>				<i>Gr a d a c i ó n</i>			
<i>Pasa</i>		<i>Retenido</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
38,10	11/2"	25,40	1"	1250			
25,40	1"	19,10	3/ 4"	1250			
19,10	3/4"	12,70	1/2"	1250	2500		
12,70	1/2"	9,52	3/8"	1250	2500		
9,52	3/8"	6,30	1/4"			2500	
6,30	1/ 4"	4,76	N°4			2500	
4,76	N°4	2,38	N°8				5000
Total				5000	5000	5000	5000
Numero de esferas 12 Masa de la capa abrasiva: 5000 gramos							
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo A :						5000	gr.
Masa de la muestra después de 500 revoluciones B:						4452	gr.
Valor de la abrasión después de 500 revoluciones V:						10,96	%

El desgaste de los agregados gruesos (ripio) obtenido (10,96%) es inferior al establecido por la norma INEN 0861, donde indican que los agregados no deben tener un desgaste mayor al 50%, esto sucede porque a menor desgaste se tenga mejor durabilidad y calidad proporcionará este tipo de agregados a la mezcla.

6.2.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa 75% y arena fina 25%) destinado para el diseño del hormigón de resistencia 240 kg/m³ presenta una humedad del 8,363% tal como se aprecia en el cuadro 6.4., mientras que el agregado grueso (ripió 3/4") presenta un contenido mayor de humedad (3,850%) tal como se puede observar en el cuadro 6.5.

Cuadro 6.4. Resultados de contenido de humedad de agregado fino

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (Arena Gruesa 75 y Arena Fina 25)							
NORMA: A.S.T.M. C – 566 (NTE - INEN 0862)							
ORIGEN DE LA MUESTRA: Cantera MEGAROK				FECHA MUESTREO: 11/01/2017			
ENSAYO N°: #1				FECHA ENSAYO: 12/01/2017			
Id. Recipiente	Masa del recipiente	Masa del recipiente + arena húmeda	Masa del recipiente + arena seca	Masa de la arena húmeda	Masa de la arena seca	Masa de agua (g)	Por. Humedad
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
	A	B	C	D=B-A	E=C-A	F=D-E	G=F*100/E
1ª	17,570	93,290	87,380	75,720	69,810	5,910	8,466
1B	18,910	79,330	74,720	60,420	55,810	4,610	8,260
						% de Humedad =	8,363

Cuadro 6.5. Resultados de contenido de Humedad de agregado grueso

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO (RIPIO HOMOGENIZADA)							
NORMA: A.S.T.M. C – 566 (NTE - INEN 0862)							
ORIGEN DE LA MUESTRA: Cantera MEGAROK				FECHA MUESTREO: 11/01/2017			
ENSAYO N° : #2				FECHA ENSAYO: 12/01/2017			
Id. Recipiente	Masa del recipiente	Masa del recipiente + rípio húmedo	Masa del recipiente + rípio seco	Masa del aripió húmedo	Masa del rípio seco	Masa de agua	Por. Humedad
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
	A	B	C	D=B-A	E=C-A	F=D-E	G=F*100/E
1D	17,590	98,210	95,000	80,620	77,410	3,210	4,147
1E	17,360	97,520	94,770	80,160	77,410	2,750	3,553
						% de Humedad =	3,850

El contenido de humedad determinado en los ensayos deben controlarse sobre todo el de los áridos finos que presentan una humedad alta (8,363%), cuyo valor debe ser controlado, debido a que si se tiene una menor o mayor capacidad son influyentes directamente en la dosificación del hormigón y por ende en la resistencia que se desea obtener de 240 kg/m³.

6.2.4. Pesos específicos y capacidad de absorción

El agregado fino (con una muestra de arena gruesa 75% y arena fina 25%) utilizado en la construcción del hormigón de resistencia f'c 240 kg/m³ en una masa de 500 g presenta una densidad de 0,998 g/cm³, un peso específico de masa de 2,439 g/cm³ y una capacidad de absorción del 4,474% tal como se aprecia en el cuadro 6.6.:

Cuadro 6.6. Pesos específicos y capacidad de absorción del agregado fino

PESO ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINO (Arena Gruesa 75 y Arena Fina 25)			
ORIGEN DE LA MUESTRA: MANABÍ-PORTOVIEJO-PICOAZÁ (CANTERA MEGAROK)			
FECHA MUESTREO: 11/01/17			
ENSAYO N° : #1		FECHA ENSAYO: 12/01/17	
AGREGADO FINO PASANTE POR EL TAMIZ NO. 4			
NORMA: A.S.T.M. C -127, C-128, C - 70 Y (NTE - INEN 0856 Y 0857)			
FORMULA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
A	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca:	500	G
B	Peso del Picnómetro + Muestra + Agua:	976	G
C	Peso del Picnómetro + Agua:	671,72	G
D	Peso de la Muestra Seca:	478,59	G
E	Densidad del agua a 23°C de la norma NTE INEN 858:2010-12	0,99762	g/cm³
F=DE /C+A-B	Peso específico de masa	2,439	g/cm³
G=A E/C+A-B	Peso específico S.S.S	2,549	g/cm³
H=DE/C+D-B	Peso específico aparente	2,739	g/cm³
I= (A-D)*100/D	Capacidad de absorción	4,474	%

Mientras, el agregado grueso en una masa de 500 g presenta una densidad similar a la del agregado fino de 0,998 g/cm³, pero con contenidos menores de peso específico de masa (2,429 g/cm³), pero mayores en su capacidad de absorción (5,857%), tal como se aprecia en el cuadro 6.7.:

Cuadro 6.7. Pesos específicos y capacidad de absorción del agregado grueso

PESO ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESO (RIPIO-TRITURADO)			
ORIGEN DE LA MUESTRA : MANABÍ-PORTOVIEJO-PICOAZÁ (CANTERA MEGAROK)			
FECHA MUESTREO: 11/02/17			
ENSAYO N° : #2		FECHA ENSAYO: 12/02/17	
AGREGADO GRUESO -RIPIO TRITURADO RETENIDO POR EL TAMIZ NO. 4			
NORMA: A.S.T.M. C -127, C-128, C - 70 Y (NTE – INEN 0856 Y 0857)			
FORMULA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
A	peso en el aire de muestra secada al horno	3705	G
B	peso en el aire de la muestra saturada	3922	G
C	peso en el agua de la muestra saturada	2400,5	G
D	Densidad del agua a 23°C de la norma NTE INEN 858:2010-12	0,99762	g/cm³
E=AD /B - C	Peso específico de masa	2,429	g/cm³
F=B D/B - C	Peso específico S.S.S	2,572	g/cm³
G=A D/A - C	Peso específico aparente	2,833	g/cm³
H= (B-A)*100/A	Capacidad de absorción	5,857	%

Tal como se observa los pesos específicos de los agregados (finos y gruesos) cumplen con los rangos (de $>2,2$ y $<2,7$ g/cm³), por tal motivo son áridos que se pueden utilizar dentro de la construcción del hormigón. Las capacidades de absorción resultantes nos indican que los agregados absorberán este porcentaje de volumen total de líquido, razón por la cual se aumentará el agua en el amasado hasta obtener el 100% en ella.

6.1.5. Densidad aparente suelta y compactada

Los agregados finos y gruesos presentan valores similares en su propiedad de densidad aparente suelta y compactada, en un rango de 1,611 g/cm³ (densidad suelta) a 1,751 g/cm³ (densidad compacta) en el agregado fino y el en el agregado grueso presenta rangos de 1,412 g/cm³ a 1,478 g/cm³ de densidad compacta, para así facilitar la determinación de la relación masa-volumen, para conocer así la proporción exacta que debe intervenir en la dosificación del hormigón.

Cuadro 6.8. Densidad aparente suelta y compactada del agregado fino

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO (Arena Gruesa 75 y Arena Fina 25)				
NORMA: A.S.T.M. C – 29 (NTE - INEN 858)				
ORIGEN DE LA MUESTRA: MANABÍ-PORTOVIEJO-PICOAZÁ (CANTERA MEGAROK)				
ENSAYO N° : #1			FECHA MUESTREO: 11/01/2017	
			FECHA ENSAYO: 12/01/2017	
Masa del Recipiente	Masa Árido Suelto + Recipiente	Volumen del Recipiente	Masa del Árido Suelto	mus (masa unitaria suelta)
(g)	(g)	(cm ³)	(g)	(g/cm ³)
A	B	C	D=B-A	E= D/C
7532	12416	3026	4884	1,614
7532	12429	3026	4897	1,618
7532	12377	3026	4845	1,601
			D. ap. Suelta =	1,611
ENSAYO N° : #2				
Masa del Recipiente	Masa Árido compactado + Recipiente	Volumen del Recipiente	Masa del Árido compactado	mus (masa unitaria compactada)
(g)	(g)	(cm ³)	(g)	(g/cm ³)
A	B	C	D=B-A	E= D/C
7532	so12816	3026	5284	1,746
7532	12820	3026	5288	1,748
7532	12859	3026	5327	1,760
			D. ap. compactada =	1,751

Cuadro 6.9. Densidad aparente suelta y compactada del agregado grueso

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO-TRITURADO)				
NORMA: A.S.T.M. C – 29 (NTE - INEN 858)				
ORIGEN DE LA MUESTRA: MANABÍ-PORTOVIEJO-PICOAZÁ (CANTERA MEGAROK)				
ENSAYO N° : #1		FECHA MUESTREO: 11/01/2017		FECHA ENSAYO: 12/01/2017
Masa del Recipiente (g)	Masa Árido Suelto + Recipiente (g)	Volumen del Recipiente (cm ³)	Masa del Árido Suelto (g)	mus (masa unitaria suelta) (g/cm ³)
A	B	C	D=B-A	E= D/C
7532	11852	3026	4320	1,428
7532	11836	3026	4304	1,422
7532	11723	3026	4191	1,385
			D. ap. Suelta =	1,412
ENSAYO N° : #2				
Masa del Recipiente (g)	Masa Árido compactado + Recipiente (g)	Volumen del Recipiente (cm ³)	Masa del Árido compactado (g)	mus (masa unitaria compactada) (g/cm ³)
A	B	C	D=B-A	E= D/C
7532	11968	3026	4436	1,466
7532	11981	3026	4449	1,470
7532	12005	3026	4473	1,478
			D. ap. compactada =	1,471

CAPÍTULO 7

7. Diseño del hormigón

Los ensayos efectuados a los agregados de la cantera Megarok de Picoazá se lo realizaron con el fin de conocer las características física-mecánicas de ellos, debido a que de ello depende la elección de la dosificación correcta de los agregados y sus componentes en el diseño del hormigón, con el fin de obtener los resultados esperados (en cuanto a resistencia, durabilidad, trabajabilidad, comportamiento y consistencia se refiere) en ellos, además de verificar que con o sin la agregación de las fibras de polipropileno de microfilamento fino y fibrilada, para se logrará obtener la resistencia de $f'c$ 240 Kg/cm² deseada.

En el cuadro 7.1., se presentan un condensado de los resultados obtenidos en los ensayos a los agregados, para así calcular la dosificación correcta de los componentes de la mezcla del hormigón.

Cuadro 7.1. Propiedades físico-mecánicas de los agregados

DESCRIPCIÓN	ARENA	RIPIO	UNIDAD
D.sss	2,549	2,572	g/cm ³
% Absorción	4,474	5,857	%
D.ap.Compactada	1,751	1,471	g/cm ³
D.ap.Suelta	1,611	1,412	g/cm ³
Módulo de Finura	2,83	6,808	
% Humedad	8,363	3,850	%

Conociendo que la densidad real del cemento es de 2.9 g/cm³, se escoge un asentamiento en el cono de Abrams para la elaboración del hormigón de 80 a 100 mm, que se presentan en la tabla 7.1., teniendo en cuenta que el asentamiento escogido es con el que mayor frecuencia se fabrica este material.

7.1. Cálculos de dosificaciones

7.1.1. Cantidad de agua en el mezclado y tamaño de grava

Tabla 7.1. Cantidades aproximadas de agua de mezclado que se requieren para diferentes asentamientos y tamaños de grava

Asentamiento (mm)	Agua: litros por m ³ de hormigón para los tamaños máximos de grava indicados (mm)							
	10	12,5	20	25	38	50	70	150
Hormigón sin Aire Incluido								
20 a 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	240	230	210	205	185	180	170	...
Cantidad aproximada de aire atrapado, (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Hormigón con Aire Incluido								
20 a 50	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180	215	205	190	185	170	165	160	...
Contenido de aire total promedio recomendado para el nivel de exposición (%)								
Benigno	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderado	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Riguroso	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Como se puede apreciar la cantidad de agua necesaria para el asentamiento de 80 a 100 mm es de 195 L/m² con una cantidad aproximada de atrapado de aire del 1.5%.

Las cantidad de agua que se agrega al amasado para el hormigón con aire incluido, se basan en los requisitos de contenido de aire total típicos, como se muestran en la tabla 7.1. La cantidad de agua utilizada por metro cúbico en el hormigón para producir una mezcla con consistencia deseada, depende de varios factores como son el tamaño máximo de las partículas, su textura y forma, la cantidad de cemento, graduación de los agregados y del aire atrapado accidentalmente. Estas cantidades de agua en el mezclado se usan para calcular que el contenido de cemento en la mezcla, además que debe encontrarse en rangos de temperaturas entre 20 a 25 °C.

7.1.2. Relación agua-cemento

Con los datos obtenidos, se selecciona la relación agua/cemento de acuerdo a las exigencias de resistencia a compresión requerida en la investigación ($f'c$ 240 kg/cm²) y de las condiciones de exposición ambiental reflejándose que la relación que se necesita es de 0.57, según se presenta en la tabla 7.2.:

Tabla 7.2. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación agua/cemento

RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
450	0,37
420	0,40
400	0,42
350	0,47
320	0,51
300	0,52
280	0,53
250	0,56
240	0,57
210	0,58
180	0,62
150	0,70

7.1.3. Volumen del agregado grueso

Para calcular el volumen del agregado grueso (m³) se realiza una interpolación lineal con los valores de la tabla 7.3., reemplazándolos en la siguiente formula:

$$y = y_a + (x - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

Tabla 6.3. Volumen aparente seco y compactado de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón

Tamaño máximo de la grava (mm)	Compactada para diferentes módulos de finura de la arena (m ³)						
	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00
10	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
12,5	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53
20	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60
25	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
38	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
50	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72
70	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
150	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81

Como se identificó en la tabla 7.1., el tamaño del ripio es de 25 mm, relacionado con los módulos de finura de la arena compactada presente en la tabla 7.3., y con el determinado en los ensayos de 2,83 g/cm³, se obtiene un volumen de ripio interpolado de 0,667 m³, tal como se aprecia en el cuadro 7.2.:

Cuadro 7.2. Volumen de ripio

M.F.	Vol. de Ripio	M.F.	Vol. de Ripio (interpolado)
2,8	0,67		
		2,83	0,667
2,9	0,66		

Sabiendo que el volumen del ripio es 667 dcm³ (0,667 m³) y conociendo que la densidad aparente compactada del ripio es de 1,471 kg/dcm³, se obtiene una masa de agregado grueso de 981,470 Kg.

7.1.4. Factor cemento

Como se explica anteriormente el contenido de cemento dentro de la mezcla, depende del volumen de agua presente en el amasado (195 dcm³), así como su relación agua/cemento (0,57), se debe aplicar la siguiente fórmula, con la cual se determinó que el contenido de cemento de la mezcla es de 342,105 Kg.

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua}}{a/c}$$

$$\text{Cemento} = \frac{195}{0,57}$$

$$\text{Cemento} = 342,105 \text{ Kg}$$

7.1.5. Volumen del agregado fino

Para calcular el contenido de masa del agregado fino (arena), se obtiene por diferencia de los demás de componentes sólidos, con los datos que se presentan en el cuadro 7.3.:

Cuadro 7.3. Volumen de la arena

MATERIAL	MASA Kg	DENSIDAD g/cm ³	VOL. REAL dcm ³
AGUA	195	1,00	195,00
CEMENTO	342,105	2,90	117,97
RIPIO	981,470	2,57	381,66
AIRE			15,00
Σ(Volumen de sólidos)			709,63
ARENA (Volumen)			290,37

Conociendo que la densidad de la arena (2,549 kg/dcm³) y el volumen total que se tiene es de 290,37 dcm³, se establece que la masa de arena que se necesita es de 743,485 kg.

7.1.6. Dosificación de componentes en la mezcla

Los cálculos realizados de la masas de los componentes de los agregados así como del componente cemento, permitieron identificar sus relaciones, para así poder realizar la mezcla adecuada.

Cuadro 7.4. Dosificación de componentes

Componentes	Dosificación
Agua	0,57
Cemento	1,00
Arena	2,16
Ripio	2,87

Conociendo las dosificaciones, se considera utilizar cilindros estándar de 15 kg para la realización del estudio en un número total de unidades de 6 para los ensayos de fibras de polipropileno (5 g/cilindro) y 6 unidades para los hormigones simples, que serán fraguados a los 7, 14 y 28 días respectivamente para cada dosificación, necesitando mezclar un total de 90 kg para cada tipo de ensayo.

Con las dosificaciones obtenidas se calculó mediante fórmula matemática la masa (Kg) necesaria de cada componente para cubrir los 90 Kg necesarios para realizar los ensayos, tal como se aprecia en el cuadro 7.5.:

Cuadro 7.5. Peso (Kg) de los componentes

MATERIAL	PESO (Kg)	DOSIFICACIÓN
Agua	7,770	0,57
Cemento	13,632	1,00
Arena	29,489	2,16
Ripio	39,109	2,87

La masa de los componentes presentadas se le realizó correcciones de humedad, esto dió porque está propiedad se encuentra relacionada con la temperatura y la capacidad de absorción presentes en los agregados que generalmente inciden en el hormigón modificando su resistencia, obteniendo valores significantes en el peso de los materiales de arena, ripio y agua, tal como se aprecia en el cuadro 7.6.:

Cuadro 7.6. Peso (Kg) después de correcciones de humedad

MATERIAL	PESO (Kg)	DOSIFICACIÓN
Agua	7,41	0,57
Cemento	13,63	1,00
Arena	30,59	2,24
Ripio	38,37	2,81

7.1.7. Fabricación de la mezcla de hormigones con y sin fibras de polipropileno

7.1.7.1. Mezclado de las muestras de los ensayos

Para la elaboración de la mezcla a utilizarse en la construcción de los hormigones con y sin fibras de polipropileno (fibrilada y microfilamento fino) se utilizó dos palas para mezclar los materiales, que previamente se encontraban pesados y controladas todas sus condiciones en tachos limpios y apropiados para mantenerlos, cada proporción se encontraba medida exactamente para cada tipo de ensayo a realizarse, tal como se indica en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN.

7.1.7.2. Llenado de las probetas

El llenado de las probetas se realizó con 3 capas de hormigón, las cuales fueron penetradas con 25 golpes de varillas lisas y 15 golpes en la parte externa de la probeta con un de martillo de goma para sacar el aire presente en el hormigón, posteriormente se realizó el enrasado de las probetas.

7.1.7.3. Curado de cilindros

Las probetas se descimbraron a las 24 horas de haberse llenado, posteriormente se expusieron al curado dentro de una piscina, ubicada en el laboratorio de suelo, tierra y asfalto de la UTM, cuyo procedimiento se especifica en la norma ASTM C31 de curado de concretos, durante ese tiempo los cilindros permanecieron sumergidos hasta la etapa de desmolde para la etapa de compresión para comprobar su resistencia.

7.1.7.4. Ensayo a compresión

El ensayo a compresión de carga axial se aplicó a las muestras de hormigones construidas con los agregados de la cantera Megarok con y sin las fibras de polipropileno a los 7, 14 y 28 días, tal compresión se dio de manera continua a los núcleos de los cilindros de las muestras de los ensayos hasta que llegaron a sufrir la rotura, proceso realizado con equipos adecuados tal como se especifica en la norma ASTM C-39.

CAPÍTULO 8

8. Cálculos

La resistencia a la compresión en el hormigón es una relación existente entre el esfuerzo máximo que se alcanza durante el ensayo de rompimiento y el área de la sección transversal a la que se le aplica.

8.1. Resultado de ensayos de compresión a resistencia

Como se explicó anteriormente la investigación se basa en la determinación de la influencia de las fibras de polipropileno fibrilada y de microfilamento fino, en la resistencia del hormigón de 240 kg/cm^2 , para lo cual se obraron probetas con y sin fibras, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos.

Por tal motivo, con el propósito de obtener resultados confiables y estadísticamente satisfactorios, tanto para el hormigón con fibras así como para el hormigón simple, se elaboraron 6 cilindros con 15 kg de capacidad, a los cuales se le realizaron los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días. Los resultados fueron calculados mediante los métodos establecidos en la norma INEN 1573 (ASTM-C 39) tal como se aprecia en el cuadro 8.1. de ensayos de compresión a probetas de hormigón simple, y en el cuadro 8.2. de las ensayos de compresión a los hormigones con fibras de polipropileno fibrilada y microfilamento fino :

Cuadro 8.1. Ensayos de compresión a probetas de hormigón simple

ENSAYO DE PROBETAS DE MEZCLAS DE PRUEBA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE HORMIGON									
NORMA: NTE INEN 1573 (ASTM C 39)						ENSAYO #: 1			
Resistencia a Compresión: $f'c = 240,0 \text{ Kg/cm}^2$						FECHA: 06/03/2017			
Cilindro #	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KN)	Resistencia			
						(MPa)	(kg/cm ²)	Promedio	%
Cilindro-1	13/03/2017	7	15	176,715	198,64	11,24	112,41	104,41	43,50
Cilindro-2	13/03/2017				170,38	9,64	96,42		
Cilindro-1	20/03/2017	14			225,66	12,77	127,70	133,65	55,69
Cilindro-2	20/03/2017				246,7	13,96	139,60		
Cilindro-1	03/04/2017	28			308,02	17,43	174,30	181,50	75,63
Cilindro-2	03/04/2017				333,46	18,87	188,70		

Las probetas de hormigón sin fibras de polipropileno presentaron resistencias bajas a los 7 días, alcanzó el 43,50% que equivale al 104,41 Kg/cm² de los 240 Kg/cm² de resistencia a compresión requerida, a los 14 días sobrepasaron esta resistencia con un 55.69% logrando alcanzar una resistencia 133,65 Kg/cm², obteniendo una resistencia final a los 28 días de edad de 181,50 Kg/cm² (equivalente al 75,63%) de su resistencia requerida.

Cuadro 8.2. Ensayos de compresión a las probetas de hormigones con fibras de polipropileno

ENSAYO DE PROBETAS DE MEZCLAS DE PRUEBA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO Y MICROFILAMENTO FINO									
NORMA: NTE INEN 1573 (ASTM C 39)						ENSAYO #: 2			
Resistencia a Compresión: $f'c = 240,0 \text{ Kg/cm}^2$						FECHA: 06/03/2017			
Cantidad de polipropileno = 5 gr. (0,033%)									
Cilindro #	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KN)	Resistencia			
						(MPa)	(kg/cm ²)	Promedio	%
Cilindro-1	13/03/2017	7	15	176,715	213	12,05	120,53	117,99	49,16
Cilindro-2	13/03/2017				204	11,54	115,44		
Cilindro-1	20/03/2017	14			257	14,54	145,43	149,11	62,13
Cilindro-2	20/03/2017				270	15,28	152,79		
Cilindro-1	03/04/2017	28			347	19,64	196,36	197,78	82,41
Cilindro-2	03/04/2017				352	19,92	199,19		

Las probetas de hormigón con fibras de polipropileno presentaron resistencias mayores a las obtenidas en el hormigón simple.

Cuadro 8.3 Ensayos de compresión a las probetas de hormigones con fibras de polipropileno

ENSAYO DE PROBETAS DE MEZCLAS DE PRUEBA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EMPLEANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO Y MICROFILAMENTO FINO									
NORMA: NTE INEN 1573 (ASTM C 39)					ENSAYO #: 3				
Resistencia a Compresión: $f'c =$ 240,0 Kg/cm ²					FECHA: 13/03/2017				
Cantidad de polipropileno = 10 gr. (0,066%)									
Cilindro #	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KN)	Resistencia			
						(MPa)	(kg/cm ²)	Promedio	%
Cilindro-1	20/03/2017	7	15	176,715	227	12,85	128,46	127,04	52,93
Cilindro-2	20/03/2017				222	12,56	125,63		
Cilindro-1	27/03/2017	14			280	15,84	158,45	160,99	67,08
Cilindro-2	27/03/2017				289	16,35	163,54		
Cilindro-1	10/04/2017	28			370	20,94	209,38	212,49	88,54
cilindro-2	10/04/2017				381	21,56	215,60		

Se incrementó la cantidad de polímero verificando el incremento de las resistencias.

CAPÍTULO 9

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

- El agregado grueso proporcionado por la cantera Megarok no presenta una graduación ideal en los ensayos granulométricos, reflejado en la baja resistencia del hormigón diseñado.
- Una vez analizado la granulometría del agregado fino se verificó que en los tamices N° 4, N° 8 y N° 16, también presentan una tendencia (Gruesa) disminuyendo su resistencia requerida de $f'c$ 240 kg/cm².
- La utilización del 0,033% (5 g) de fibras de polipropileno fibrilada donde se llegó a obtener una resistencia a los 28 días de 197.78 Kg/cm² equivalente al 82.41%.

En base a las investigaciones se analizó otras alternativas incrementando la cantidad de fibra de polipropileno a 0.066 % (10gr.), donde se llevó a obtener una resistencia de 212,49 kg/cm² equivalente a 88,54%.

- Evidenciando los resultados se concluyó que el principal problema en el diseño de hormigón fue la graduación de los materiales el cual incluyo a la resistencia que se deseaba obtener.

9.2. Recomendaciones

- Evidenciando que no hubo incremento en la resistencia deseada utilizando el 0,033% de fibras de polipropileno, se recomienda aumentar la cantidad del fibra a utilizarse en la dosificación del hormigón para obtener los beneficios que bibliográficamente indican que si proporcionan.

- En futuras investigaciones se recomienda evaluar la utilización de diferentes tipos de fibras en distintas proporciones para evidenciar cual presentaría un mejor rendimiento en la resistencia.
- Se evidencio que con el aumento de cantidad de fibra de polipropileno a 10 gr. Se verifico el incremento de la resistencia.
- Debido a que los agregados influyen en la resistencia del hormigón, será necesario evaluar el proceso de trituración efectuado en la cantera Megarok en futuras investigaciones.
- Se verá controlar el proceso de trituración proveniente de la cantera para obtener mejores resultado de las mezclas de hormigones.

CAPÍTULO 10

10. Presupuesto

A continuación se muestra un detalle de los requerimientos económicos que fueron necesarios para la ejecución del trabajo y su fuente de financiamiento.

Cuadro 10.1. Presupuesto y financiamiento

Detalle	Valor total	Fuente de financiamiento
Ensayos y estudios de propiedades	\$500.00	Autores
Agregados	\$300.00	Autores
Transporte	\$80.00	Autores
Impresiones	\$100.00	Autores
Resmas de hojas	\$40.00	Autores
Anillados y empastados	\$65.00	Autores
Comida	\$80.00	Autores
Computadoras	\$500.00	Autores
Imprevistos	\$83,25	Autores
TOTAL	\$1748.25	

11. Cronograma valorado

Cuadro 11.1. Cronograma

ACTIVIDADES	TIEMPOS		TIEMPO EN MESES												RECURSOS		
			1				2				3				HUMANOS	MATERIALES	OTROS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Recopilación de materiales	■	■												Autores	Automóvil	Varios	
Aplicación de las técnicas			■	■	■	■								Investigadores de ingeniería civil y autores	Equipos de ensayos	Varios	
Tabulación y análisis de datos			■	■	■	■								Autores	Computadora	Varios	
Tema y planteamiento de problema						■	■							Autores	Libros e Internet	Varios	
Desarrollo del marco teórico							■	■						Autores	Libros e Internet	Varios	
Visualización del alcance de estudio								■	■					Autores	Computadora	Varios	
Elaboración de hipótesis y definiciones de variables									■					Autores	Computadora	Varios	
Desarrollo y diseño de la investigación									■					Autores	Computadora	Varios	
Definición y selección de la muestra y recolección y análisis de datos									■	■				Autores	Computadora	Varios	
Reporte de los resultados (conclusiones y recomendaciones)											■	■		Autores	Computadora	Varios	

12. Bibliografía

- Aire, C., Dávila, P., & Mendoza, C. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. Nuevo León: Revista Investigación y Desarrollo.
- Anfapa (Asociación de fabricantes de morteros y SATE). (s.f.). Morteros para la colocación de baldosas cerámicas. Obtenido de <http://www.anfapa.com/es/morteros-para-la-colocacion-de-baldosas-ceramicas/178/deformabilidad>
- Angulo, J., & Gorozabel, L. (2016). Evaluación de la calidad y la resistencia del hormigón, preparado con agregados lavados y no lavados, explotados en la cantera Megarok de la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.
- Arthur, N. (1999). Diseño de estructuras de concreto. Santa Fé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S.A. .
- Barros, V., & Ramírez, H. (2012). Diseño de hormigones con fibra de polipropileno para resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pico. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Becker, E. (s.f.). Durabilidad del hormigón. Obtenido de <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Bibliografia/DURABILIDAD%20DEL%20HORMIG%20D3N.pdf>
- Benavides, W., & González, L. (2012). Fibras de Polipropileno para reforzamiento de matrices cementicias. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Bernal, J. (14 de Enero de 2009). El agua del concreto. Recuperado el 2016 de Octubre de 2016, de <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>
- Bonavetti, V., Menéndez, G., & Irassar, E. (2008). Los Diseños de experimentos y tecnología del hormigón. de la Construcción, 94-104.
- Calderón, F., & Yopez, F. (2014). Diseño de hormigones de alto desempeño: alta resistencia a la compresión, trabajabilidad adecuada y alta resistencia a la

erosión - abrasión para obras hidráulicas. Avances en Ciencias y Tecnologías, 4-10.

Carrasco, M. (2011). Control de calidad de hormigones. Recuperado el 20 de Octubre de 2016, de <http://usuarios.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20de%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%208%20-%20CONTROL%20DE%20CALIDAD%20DE%20HORMIGONES.pdf>

Chiluisa, J. (2014). Hormigones de alta resistencia ($f'_c = 50\text{mpa}$) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento armado especiallafarge. Recuperado el 29 de octubre de 2016, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3022/1/T-UCE-0011-140.pdf>

Claudie, P., & Neville, A. (s.f.). Concreto de alto desempeño. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de <http://www.imcyc.com/revista/1999/dic99/concreto1.htm>

Colina, J., Wainsztein, M., & Batic, O. (s.f.). Influencia del fenómeno de falso fraguado del cemento portland en hormigones utilizados en obras viales. Serie II.

Conrado, M., & Rojas, J. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 mpa con agregados de la cantera de Guayllabamba. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Constructor Civil. (2010). Los agregados en la construcción. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <http://www.elconstructorcivil.com/2010/12/los-agregados-en-la-construccion.html>

Constructor Civil. (2011). Fibras de polipropileno. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/normal-0-21-false-false-false.html>

Constructor Civil. (02 de 04 de 2011). Trabajabilidad de una mezcla. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/01/trabajabilidad-de-una-mezcla-de.html>

Construmática. (s.f.). Consistencia del Hormigón Fresco. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Consistencia_del_Hormig%C3%B3n_Fresco

- Construmática. (s.f.). Hormigón endurecido. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n_Endurecido
- Eddy, H. (15 de 04 de 2011). Compacidad del hormigón endurecido. Obtenido de <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/2-compacidad-del-hormigon-endurecido.html>
- Exudación del hormigón. (2010). Obtenido de <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/exudacion-del-hormigon.html>
- Fundamentos del Hormigón simple. (s.f.). Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>
- García, W. (2013). Tecnología del concreto. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de Historia: http://tecnoconcreto2013.blogspot.com/p/historia_23.html
- Gordón, J. (04 de 2010). Segregación del hormigón. Obtenido de <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/segregacion-del-hormigon.html>
- Gutierrez, C. (2016). Evaluación del Comportamiento del concreto al que se ha reemplazado el agregado fino por viruta de acero. Cusco: Universidad Andina de Cusco.
- Idiart, A. (s.f.). Análisis numérico de la retracción por secado en muestras de hormigón. Capítulo 3 .
- IECA. (2016). Historia del Cemento. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de https://www.ieca.es/reportaje.asp?id_rep=5
- Imbaquingo, A. (2012). Diseño de hormigón de alto desempeño. Salgonqui: Escuela Politécnica del Ejército.
- IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto). (03 de 2007). Problemas, causas y soluciones. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistact06/mar07/PROBLEMAS.pdf>
- INECYC. (2011). Hormigones de alto desempeño. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de http://www.inecyc.org.ec/documentos/notas_tecnicas/ALTO_DESEMPENO.pdf

- Ingeniería Civil. (2011). Resistencia a la tracción del hormigón. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/04/resistencia-la-traccion-del-hormigon.html>
- Macías, M. (2015). Diferentes agregados para hormigón. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de <http://megarok.com.ec/web/agregados-para-hormigon/>
- Moreno, O. (13 de 12 de 2010). Fibra de Polipropileno para Hormigón. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://tecnologiaenlaconstruccion.blogspot.com/2010/12/fibra-de-polipropileno-para-hormigon.html>
- Muñoz, F. (2010). “Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Polipropileno Multifilamento: Influencia del Porcentaje de Fibra Adicionado. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Norma Ecuatoriana de Construcción. (08 de 2014). Estructuras del Hormigón Armado. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>
- Osorio, J. (s.f.). ¿Qué es el módulo de elasticidad en el concreto? Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-modulo-de-elasticidad-en-el-concreto/>
- Preparacion y puesta en obra del hormigón. (s.f.). Obtenido de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema11.pdf
- Roncero, J., & Magarotto, J. (2008). Aditivos para hormigón, Control efectivo de los parámetros reológicos del hormigón mediante el empleo de aditivos modificadores de viscosidad. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de <http://boletin-iccy.com/files/files/260.pdf>
- Setién, J., & Polanco, J. (s.f.). Cementos, morteros y hormigones. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/materiales/3_Morteros_hormigones1.pdf
- Toirac, J. (2009). La resistencia a compresión del hormigón, consición necesaria pero no suficiente para el logro de la durabilidad de las obras. Ciencia y Sociedad, 463-504.

Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. Instituto Tecnológico
Metropolitano : Revista Tecno Lógicas .

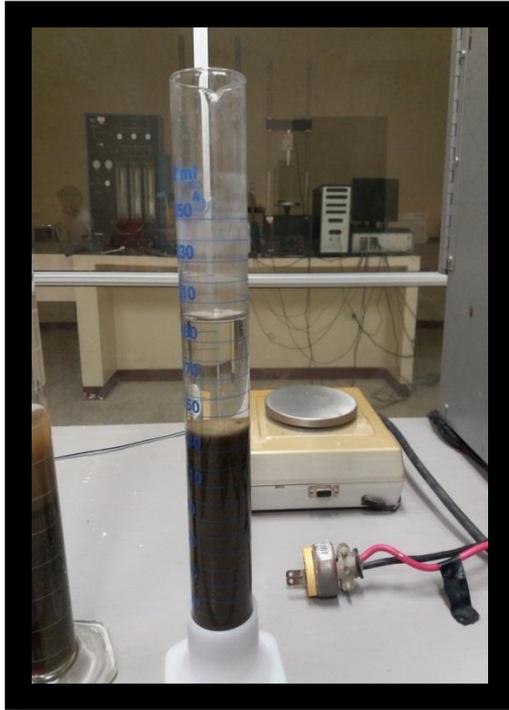
Anexos



Anexo 1. Recolección del Ripio (Agregado grueso) en la cantera Megarok



Anexo 2. Determinación de peso específico de los agregados



Anexo 3. Ensayo de pesos específicos y absorciones del agregado fino



Anexo 4. Ensayos de peso unitario para los agregados de la cantera Megarok



Anexo 5. Secado del agregado grueso



Anexo 6. Llenado de los cilindros de la mezcla



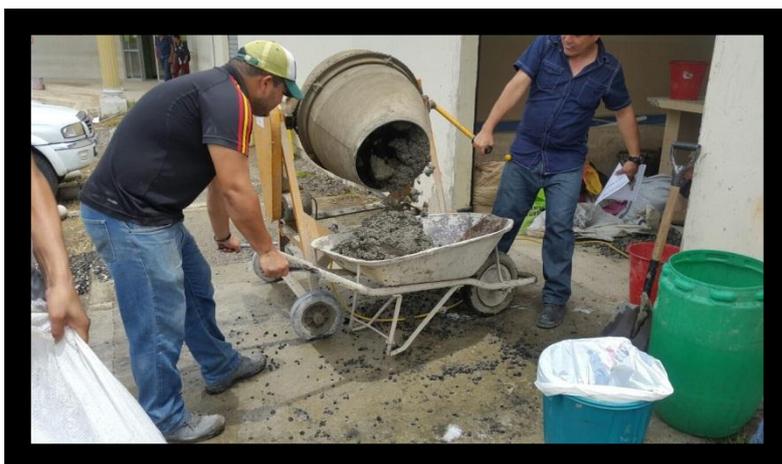
Anexo 7. Fibras de polipropileno y microfilamento fino



Anexo 8. Cogiendo Fibras de polipropileno y microfilamento fino



Anexo 9.Colocando Fibras de polipropileno y microfilamento fino



Anexo 10 .El hormigón colocada la Fibras de polipropileno y microfilamento fino



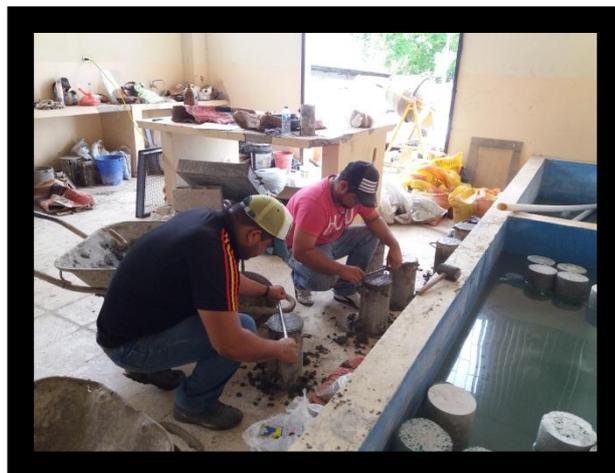
Anexo 11. Mezcla más Fibras de polipropileno y microfilamento fino



Anexo 12. Mezcla a punto para el proceso de llenado de los cilindros



Anexo 13. En proceso de llenado de los cilindros



Anexo 14. Arreglando los cilindros ya llenos de hormigón



Anexo 15. Culminado ya los cilindros llenos con hormigon



Anexo 16. Los cilindros normales y colocadas las fibras de polipropileno



Anexo 17. Fraguando a los 7, 14, 28 Días



Anexo 18. Rompimiento de los cilindros a los 7 días



Anexo 19. Rompimiento de los cilindros a los 7 días



Anexo 20. Rompimiento de los cilindros a los 14 días



Anexo 21. Rompimiento de los cilindros a los 14 días



Anexo 22. Rompimiento de los cilindros a los 28 días



Anexo 23. Rompimiento de los cilindros a los 28 días



Anexo 24. Rompimiento de los cilindros a los 28 días