

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER
EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN”

AUTOR: CRISTINA DEL PILAR BUENAÑO MARIÑO.

TUTOR: ING. MG. ALEX GUSTAVO LÓPEZ ARBOLEDA

AMBATO-ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Yo, Ing. Mg. Alex López, certifico que la presente tesis de grado realizada por la Srta. Cristina del Pilar Buenaño Mariño de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato; se ha desarrollado bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito realizado bajo el tema **“DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN”**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, 16 de Marzo del 2018

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda
DOCENTE TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO

Yo, Cristina del Pilar Buenaño Mariño, CI. 1804095923, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental bajo el tema **“DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN”** es de mi completa autoría.

Ambato, 16 de Marzo del 2018

Cristina del Pilar Buenaño Mariño

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible de lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 16 de Marzo del 2017

Cristina del Pilar Buenaño Mariño

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN”** de Cristina del Pilar Buenaño Mariño, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman,

ING. MG. DIEGO CHÉRREZ

ING. MG. SANTIAGO MEDINA

DEDICATORIA

A mi madre porque este es el fruto del esfuerzo de las dos. A mi hermano, David, por ser el ejemplo de superación que yo sigo cada día. A Diana y Mateo por su cariño y por estar siempre pendientes de mí. A mi novio Esteban por ser ese soporte y motivación en los momentos difíciles que atravesé, hizo que mi vida universitaria se llene de matices.

AGRADECIMIENTO

Es difícil resumir en una página toda la ayuda que he recibido, porque muchas personas a lo largo de mi vida estudiantil han estado allí, ayudando de una u otra manera. Le agradezco a mi madre, Beatriz, por ser mi soporte y esforzarse tanto para que yo logre obtener mi título universitario, esta lucha no se hubiera podido vencer sin ella. A mi padre por motivarme a estudiar con ahínco.

A mi hermano, David, por estar presente en todo momento y aún más en las adversidades. A mi tío Victor Hugo por su apoyo incondicional desde que emprendí este camino para llegar a ser ingeniera. A mi tía Iliana porque en cada paso estuvo presente con sus palabras de aliento. Un agradecimiento infinito a la persona que mantuvo mi corazón contento y fue mi compañero, mejor amigo y camarada: Esteban.

Al ingeniero Francisco Pazmiño, quién fue un amigo que supo aconsejarme y socorrerme en momentos decisivos.

Al ingeniero Jorge Guevara que además de compartir sus conocimientos técnicos, compartió conmigo lecciones para la vida.

Al ingeniero Alex López por su guía, disposición y refuerzo oportuno durante todo el tiempo que me llevó realizar este trabajo.

A mi amigo Elvis Rogel por su apoyo constante y porque este trabajo experimental no hubiera sido posible sin su investigación previa.

A mis amigos Jessenia, Dario y Dubraska, porque juntos fuimos el conjunto perfecto para salir exitosos de cada obstáculo que se nos presentó.

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	II
AUTORÍA DE TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	5
CAPÍTULO I.....	8
1.1 Tema del trabajo experimental.....	8
1.2 Antecedentes	8
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo General:.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	15
CAPÍTULO II.....	16
2.1 Fundamentación teórica	16
2.1.1 Concreto tradicional	16
2.1.2 Agregados	16
2.1.3 Ensayos para agregados	17
2.1.4 Dosificación	21

2.1.5 Propiedades del concreto.....	23
2.1.6 Concreto polimérico.....	26
2.1.7 Resina de poliéster	28
2.1.8 Peróxido de Mek (C ₈ H ₁₈ O ₆).....	30
2.2 Hipótesis.....	30
2.2.1 Hipótesis alternativa.....	30
2.2.2 Hipótesis nula.....	30
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	30
2.3.1 Variable independiente:	30
2.3.2 Variable dependiente:.....	30
CAPÍTULO III.	31
3.1 Nivel o tipo de investigación.....	31
3.1.1 Modalidades de la investigación	31
3.1.2 Niveles de investigación	32
3.2 Población y muestra	33
3.2.1 Población.....	33
3.2.2 Muestra.....	33
3.3 Operacionalización de variables	34
3.3.1 Operacionalización de variable independiente.....	34
3.3.2 Operacionalización de variable dependiente.....	35
3.4 Plan de recolección de información	37
3.5 Plan Procesamiento y análisis.	38
3.5.1 Plan de procesamiento.....	38
3.5.2 Plan de análisis de resultados.....	38
CAPÍTULO IV	39

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1 Metodología de trabajo	39
4.1.1 Agregados	39
4.1.2 Densidad real del cemento	40
4.1.3 Dosificación	40
4.1.4 Elaboración de probetas.	42
4.2 Análisis de los resultados	42
4.2.1 Propiedades del hormigón polimérico en estado fresco.....	42
4.2.2 Propiedades del hormigón en estado endurecido	44
4.2.3 Análisis Costo-Beneficio entre Concreto Polimérico $f'c= 510\text{kg/cm}^2$ y Concreto de Alta resistencia $f'c= 510\text{kg/cm}^2$	53
4.3 Verificación de hipótesis.....	54
CAPÍTULO V	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1 Conclusiones	55
5.2 Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos requeridos para dosificar.....	21
Tabla 2. Número de probetas cilíndricas del estudio.	34
Tabla 3. Operacionalización de Variable independiente.....	35
Tabla 4. Operacionalización de Variable dependiente.....	36
Tabla 5. Plan de Recolección de Información	37
Tabla 6. Propiedades en estado fresco para ensayo a compresión a los 21 días	41
Tabla 7. Propiedades en estado fresco para ensayo a compresión a los 28 días	43
Tabla 8. Propiedades en estado endurecido para ensayo a compresión a los 21 días	45
Tabla 9. Propiedades en estado endurecido para ensayo a compresión a los 28 días	48
Tabla 10. Resumen de resistencias promedio	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de dosificación en kg de concreto polimérico.....	41
Gráfico 2. Densidad en estado fresco Vs Porcentaje de resina de poliéster de muestras para en ensayo a compresión a los 21 días.....	42
Gráfico 3. Densidad en estado fresco Vs Porcentaje de resina de poliéster de muestras para en ensayo a compresión a los 28 días.....	44
Gráfico 4. Densidad en estado endurecido Vs Porcentaje de resina de poliéster a los 21 días	46
Gráfico 5. Resistencia a compresión VS porcentaje de sustitución de la pasta de cemento con 45%, 50% y 55% de resina de poliéster, para ensayos de compresión a los 21 días	47
Gráfico 6. Densidad en estado endurecido Vs Porcentaje de resina de poliéster a los 28 días	49
Gráfico 7. Resistencia a compresión VS porcentaje de sustitución con 45%, 50% y 55% de resina de poliéster, a los 28 días	50
Gráfico 8. Resistencia a compresión Vs días de ensayo	52
Gráfico 9. Comparación de precios Concreto tradicional Vs Concreto polimérico	53

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “Determinación de un porcentaje de resina de poliéster en un concreto polimérico para alcanzar una alta resistencia a compresión”

AUTOR: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

TUTOR: Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda

Las necesidades del campo de la construcción son numerosas en lo que a hormigón se refiere, de allí la necesidad de proponer nuevos materiales que cubran dichas necesidades. El presente trabajo consiste en encontrar un porcentaje de resina de poliéster en el concreto polimérico que alcance una alta resistencia a compresión.

Se utilizó agregados procedentes de la mina “Las viñas” de la constructora Alvarado, ubicada en Ambato, este material pétreo cumplió con los límites de granulometría de la norma NTE INEN y se verificó en el laboratorio de ensayo de materiales las densidades aparentes y reales. A partir de la dosificación por el Método de la densidad óptima para un concreto tradicional, se sustituyó la parte de cemento y agua por resina de poliéster y peróxido de Mek ($C_8H_{18}O_6$), obteniéndose así la dosificación para el concreto polimérico con diferentes porcentajes de resina de poliéster. Durante la elaboración se observó que la trabajabilidad mejoró al ir incrementándose el porcentaje de resina de poliéster en la mezcla.

Finalmente, las probetas con diferentes porcentajes de resina de poliéster se las sometió a un ensayo de compresión a los 21 y 28 días. Los resultados obtenidos permitieron deducir que con el 45% de resina de poliéster ni siquiera se alcanza el límite inferior de resistencia a compresión esperado a los 21 y 28 días, mientras que con el 50% se duplica el valor de la resistencia y se supera a la de diseño. Los mejores resultados se obtienen con el 55%, pues una vez más duplica el valor obtenido con el 45% y se alcanza una alta resistencia a compresión.

Estos resultados favorables, permitirán abrir campo para obtener un material de alta resistencia a compresión con resina de poliéster, cuyas propiedades físicas y mecánicas son muy superiores a las del concreto tradicional

EXECUTIVE SUMMARY

SUBJECT : “Determination of an percentage of polyester resin in an polymer concrete to reach an high compression resistance”

AUTHOR : Cristina del Pilar Buenaño Mariño

TUTOR: Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda

The needs in construction are numerous in terms of concrete, hence the need to propose new materials to solve these needs. The present work consists of finding a percentage of polyester resin in the polymeric concrete that reaches a high resistance to compression.

To elaborate this material, there were used aggregates from "Las Viñas" mine of the Alvarado construction company, located in Ambato. This stone material complied with the NTE INEN granulometry limits and the apparent and real densities were verified in a materials testing laboratory. With the dosage by the the Optimum Density Method for a traditional concrete, the cement and water part was replaced by polyester resin and mek peroxide (C₈H₁₈O₆). In this way we get the dosage for the polymer concrete with different percentages of polyester resin. During the elaboration, an increment of workability of concrete was observed when increasing the percentage of polyester resin in the mixture.

Finally, the specimens with different percentages of polyester resin were subjected to a compression test at 21 and 28 days. The results obtained allowed to deduce that with 45% of polyester resin not even reached the lower limit of resistance to compression expected at 21 and 28 days, while 50% doubles the value of resistance and exceeds the design resistance. The best results are obtained with 55%, because once again it doubles the value obtained with 45% and a high resistance to compression is reached.

These favorable results will allow to open a field to obtain a material of high resistance to compression with polyester resin, whose physical and mechanical properties are much higher than traditional concrete.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

Determinación de un porcentaje de resina de poliéster en un concreto polimérico para alcanzar una alta resistencia a compresión

1.2 Antecedentes

El desarrollo de la humanidad siempre ha sido acompañado por un cambio significativo en su estilo de vida. En la antigüedad los primeros hombres vivían en cuevas, pero al surgir la necesidad de asentarse en sitios donde no encontraron moradas naturales tuvieron que empezar a edificar. Es allí donde comienza un largo camino de descubrimiento de materiales y procesos constructivos.

El concreto es un componente importante en la construcción debido a sus propiedades: alta resistencia, durabilidad, versatilidad, resistencia al fuego, bajo mantenimiento y además muy asequible. Sin embargo, la demanda de calidad e innovación de los materiales es cada vez mayor. En el caso del concreto se requiere lograr altas resistencias en tiempos cortos y disminución del peso, así como mejorar la durabilidad [1]. Para lograr los exigentes requerimientos de la industria actual, se ha estado adicionando polímeros al concreto, dando como resultado concreto polimérico.

De acuerdo a un artículo de la revista del grupo Hindawi, el concreto polimérico es un material compuesto de una mezcla de agregados y polímeros. El polímero actúa como un aglutinante para los agregados y el resultado se lo conoce como concreto polimérico. El desarrollo del concreto polimérico, data desde 1950 cuando estos materiales fueron descubiertos como un reemplazo para el hormigón hecho de cemento en algunas aplicaciones específicas. Los primeros reportes del uso de concreto polimérico han sido en revestimientos de edificios. En el artículo se concluye que:

- Varios tipos de agregados han sido usados por los investigadores, la mayoría de ellos basados en el propósito de utilizar materiales locales disponibles con el propósito de reducir el costo.
- El porcentaje de resina indicada por la mayoría de autores está situado en el rango del 10 al 20% por peso del concreto polimérico. Un alto porcentaje de resina es recomendado cuando se usa agregado más fino.
- El criterio de curado a la temperatura ambiente a siete días ha sido ampliamente utilizado por los investigadores en su trabajo de investigación y ha sido aceptado casi universalmente
- Se ha recomendado que el contenido de humedad del agregado no exceda 0.5% para mejores propiedades mecánicas
- Se recomienda que la mezcla de agregados tenga una densidad aparente máxima y que tenga el menor contenido de vacío junto con un óptimo contenido de polímero para lograr la máxima resistencia. [2]

Los autores Dionys Van Gemert y Elke Knapen de la publicación titulada: “Compuestos de Concreto Polimérico: sinergias y perspectivas” realizaron un estudio en la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, sobre el proceso industrial de los materiales en las últimas décadas, destacando la importancia de los polímeros en la industria de la construcción. La conclusión del análisis se encuentra a continuación:

- El uso de polímeros en la industria de la construcción está creciendo constantemente. La acción sinérgica de polímeros con mortero de cemento u hormigón ofrece grandes oportunidades de mejora y para una amplia gama de aplicaciones nuevas e innovadoras.
- El uso de polímeros debe ser considerados para garantizar un mejor rendimiento y sostenibilidad.
- Los polímeros ya no son materiales de construcción especiales que reemplazan a los clásicos materiales de construcción minerales u orgánicos. Ahora son un componente vital en la producción de materiales de construcción compuestos y

sostenibles. Permitirán aún más el desarrollo de construcciones nuevas y duraderas, así como técnicas de restauración. [3]

La investigación de materiales similares al concreto, pero con propiedades mejoradas es muy amplia, es así como en el artículo titulado “La múltiple identidad del hormigón” se mencionan algunos campos en los que se incursiona actualmente en la búsqueda de nuevos materiales y su autor, Ramirez J., concluye lo siguiente:

- Se constata mediante el análisis previo, la variedad de propiedades que abarcan los distintos tipos de hormigones más utilizados. Aunque todavía queda bastante por investigar, en algunos de ellos existe una gran proporción de aptitudes -ya desarrolladas y disponibles- siendo, de hecho, los tipos especiales utilizados de forma creciente.
- La idea del hormigón como de un material único, de bajo contenido tecnológico y utilizado por mano de obra escasamente cualificada, debe ser rechazada. El técnico competente dispone para cada tipo de utilización distintos tipos de hormigón y de calidades, sin olvidar las variedades de cemento y de aditivos disponibles. [4]

El centro de investigación de carreteras de Bélgica no ha sido la excepción en la práctica con concreto polimérico, en un trabajo en conjunto con el Departamento de Ingeniería Civil del centro de investigación KU Leuven, se llegó a determinar lo siguiente:

- Debido a la exhaustividad de los combustibles fósiles, todo el uso de estas fuentes es relegado a condiciones estrictas. Los polímeros son usados solamente en aquellas áreas donde sus propiedades específicas son requeridas. Sin embargo, morteros modificados con polímero pueden contribuir a muchos materiales y sistemas de construcción sustentables.
- La interacción sinérgica entre la matriz del cemento y polímeros, influyen en las propiedades del material de forma extrema, especialmente en la durabilidad.
- Se puede decir que el material con una mejorada resistencia contra condiciones severas ha sido finalmente creado. Los morteros con polímero son usados

frecuentemente para reparar morteros simples debido a su excelente durabilidad y adhesión a otros materiales cementicios. [5]

En la Universidad Iberoamericana de México, Fernando Pérez realizó un estudio comparativo de tenacidad entre diferentes tipos de concreto, entre ellos concreto polimérico y determinó lo siguiente:

- La tenacidad del concreto elaborado con cemento Portland está muy por debajo de la del concreto polimérico
- El concreto polimérico tiene un costo por unidad de volumen del orden de cinco veces que el concreto elaborado con cemento Portland, pero su mayor tenacidad, puede justificar su empleo en estructuras masivas, ya que se puede fabricar elementos huecos como el Kevlar, en lugar de elementos sólidos.
- Es muy importante mencionar el punto de vista sísmico: el hecho de contar con materiales que absorben cinco a siete veces más energía de deformación por unidad de volumen, permite la elaboración de estructuras hechas con elementos huecos, siendo mucho más ligeras que las estructuras tradicionales elaboradas con hormigón armado. Este hecho impide que las aceleraciones sísmicas provoquen grandes fuerzas inerciales sobre las estructuras.
- Un fraguado demasiado rápido puede provocar gradientes térmicos dañinos para el mismo material. [6]

En Colombia se realizó un trabajo titulado “Caracterización fisio-mecánica de concreto polimérico basado en resina de poliéster” donde se detalla el diseño de concreto polimérico por el método de espacios libres, para lo cual se utilizó una resina de poliéster como aglomerante, polvo cerámico y escoria de alto horno como fillers y arena de río y granito, como agregados. Se determinó la influencia en las propiedades mecánicas y físicas del material mediante el análisis de un parámetro denominado relación masa filler/masa-resina (M_f/M_R), que se puede considerar como equivalente a la relación agua/cemento del concreto de cemento Portland. Se encontró lo siguiente:

- Al variar la relación Mf/Mr con cada una de las cargas se aprecian comportamientos diferentes en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, para seleccionar la mejor relación Mf/Mr para una aplicación específica se precisa tener en consideración la resistencia de diseño y con base en esta determinar las proporciones de cada uno de los componentes.
- El concreto polimérico con escoria de alto horno(CPE) presentó las mejores propiedades físicas, ya que los pesos y valores de absorción de humedad fueron menores que los del concreto que tenía polvo cerámico (CPPC), por lo que el CPE y la relación Mf/Mr de 1.4 alcanza resistencias a compresión 130% mayores que las reportadas por el CPPC para la misma relación, a tracción, logra ser un 17% más resistente y a flexión alcanza un 82% de mayor resistencia para la misma relación Mf/Mr, lo que evidencia su mejor comportamiento mecánico en todo el rango de relaciones Mf/Mr estudiadas.
- De acuerdo con los resultados de viscosidad obtenidos en la pasta cementante, las mezclas más trabajadas son las que tienen menor relación Mf/Mr y escoria de alto horno como carga.
- Los concretos poliméricos con las diferentes relaciones Mf/Mr presentaron propiedades hasta un 100% mejores que las alcanzadas con un concreto portland tradicional. [7]

En la Universidad Técnica de Ambato, Elvis Rogel, realizó una investigación que consistió en ir sustituyendo la pasta de cemento por resina de poliéster hasta una alcanzar una sustitución total, concluyendo lo siguiente:

- El hormigón con el 100 % de sustitución de la pasta con la resina de poliéster aumenta su asentamiento a 20.7 cm como promedio, lo que se traduce en que el hormigón es muy trabajable.
- La resistencia a compresión con el 100% de sustitución de la pasta con la resina de poliéster, con respecto al hormigón tradicional, aumenta de 217.1 kg/cm² a

632.7 kg/cm² en promedio, lo que se traduce en cerca de tres veces más la resistencia.

- Al sustituir el 100% de la pasta por la resina de poliéster, se obtuvo un material de características mejoradas, tanto en su resistencia a compresión, tracción indirecta como a flexión. [8]

1.3 Justificación

El campo de nuevos materiales para la construcción es muy amplio en todo el mundo. Actualmente los materiales tradicionales se mezclan con una infinidad de productos sintéticos para potenciar las propiedades y disminuir las deficiencias de los mismos. En el libro “Hormigones Especiales” de Manuel Cánovas, de España, se menciona que se ha estado estudiando el empleo de polímeros para incrementar de forma notable tanto la resistencia mecánica como la durabilidad de los hormigones. Además, menciona que el polímero mejora la adherencia al acero, ya que su consistencia es viscosa. [1] Estas características también fueron mencionadas en la edición XXIV del Congreso Internacional de Investigación de Materiales [9] Por estos motivos en especial los países desarrollados han mostrado mucho interés por los concretos poliméricos en la última década, empleando este elemento para construcciones civiles como: banquetas, domos, y otros. A pesar de estos logros, el conocimiento sobre la interacción entre la resina polimérica y los agregados minerales es limitado. [10]

Según McCormac y Brown, profesores de la Universidad Clemson de Carolina del Sur, la adición de polímeros orgánicos puede usarse para remplazar una parte del cemento como aglutinante. Este material mejora la resistencia, durabilidad y adhesión del concreto. Además, los concretos resultantes tienen excelente resistencia a la abrasión, congelamiento, deshielo e impacto. [11]

En la Universidad Autónoma del Estado de México se estudia materiales avanzados y se determinó que los concretos poliméricos poseen varias ventajas sobre los concretos hidráulicos tales como: alta resistencia a compresión entre 815 y 1220 kg/cm² superior a 250 kg/cm² del hidráulico, endurecimiento en pocas horas, mejor estabilidad frente a

agentes químicos agresivos y ligereza de las piezas fabricadas con este material. [10] Estas ventajas lo hacen competitivo frente al hormigón tradicional compensando su precio con menores costos de transporte y colocación.

En algunos países latinoamericanos como México y Perú incluso se producen materiales prefabricados de concreto polimérico; como vigas, techos, postes, tanques, recubrimientos para tanques, almacenes, planchas y pisos. [12] Todos estos productos son utilizados en varias áreas de la construcción debido a la significativa reducción de tiempos de construcción y ahorro en mano de obra. En Perú ya se realizó la primera casa instantánea con concreto polimérico, sus fabricantes aseguran que es antisísmica, económica y ofrecen garantía de por vida. [13] La elevada resistencia frente a sustancias químicas ha permitido su uso como resguardo para sistemas del sector Eléctrico, Hidráulico, Vialidades y Telecomunicaciones.

El Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón al igual que R. Morales en su artículo de la revista Nano-ciencia y tecnología [10], donde establece que los hormigones elaborados con polímeros son más costosos pero este factor se equilibra por las altas resistencias a compresión que se alcanza y un bajo peso que permite emplearlo en múltiples lugares. [13]

En la ciudad de Ambato existe una investigación planteada por Elvis Rogel [8], en cuyo trabajo titulado “Determinación de las propiedades mecánicas de un material elaborado a base resina de poliéster, grava y arena, con sustitución parcial y total del cemento”, encontró que al sustituir completamente a la pasta de cemento con resina de poliéster se alcanza una resistencia de 632.7 kg/cm^2 en promedio, lo que se traduce en cerca de tres veces más la resistencia de un concreto de 210 kg/cm^2 empleado frecuentemente en la industria ecuatoriana. Observando estos resultados se disminuirá el porcentaje de resina de poliéster para encontrar un porcentaje óptimo, alcanzando aún, una alta resistencia a compresión.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Determinar un porcentaje de resina de poliéster en un concreto polimérico para alcanzar una alta resistencia a compresión

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para realizar el diseño del concreto.
- Determinar la resistencia a compresión de un concreto polimérico con la adición de 45%, 50% y 55% de resina de poliéster tomando como base la dosificación de un hormigón convencional de resistencia 210 kg/cm^2 , a los 21 y 28 días.
- Establecer un porcentaje óptimo de resina de poliéster para el concreto polimérico.
- Realizar un análisis de costo del concreto polimérico óptimo frente al concreto tradicional.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Concreto tradicional

El llamado concreto tradicional o convencional es aquel que está conformado por arena, ripio, cemento, agua y en algunos casos aditivos para mejorar sus propiedades de acuerdo al destino en el que lo va a emplear. Las propiedades que buscan mejorarse según Jack McCormac en su libro Concreto Reforzado son la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. Al igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión. [11]

La dosificación del mismo dependerá totalmente de la calidad de los agregados y del cemento a utilizarse. Con los materiales de la mina “Constructora Alvarado” de la provincia de Tungurahua, se determinó que para un hormigón convencional se necesita 271.18 kg de cemento, 157.28 litros de agua, 962,50 kg de arena y 840,89 kg de ripio. Estas cantidades fueron calculadas en base a las densidades obtenidas de los agregados en el presente trabajo experimental.

2.1.2 Agregados

Llamados también áridos, llamados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, a aquellos materiales granulares tales como: arena, grava, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro, que se usan con un producto cementante para elaborar hormigones o morteros de cemento hidráulico [14]. El origen de los áridos da lugar a la clasificarlos como naturales y triturados. Los naturales son aquellos que se encuentran en montañas ya disgregados, en los lechos de los ríos u orillas de playas y los artificiales son los que han sufrido un proceso de trituración y lavado para su obtención. Por su tamaño se dividen en agregados finos y en agregados gruesos.

Agregado fino

Llamado también árido fino, se refiere a los agregados que pasan por el tamiz 3/8" (9,5 mm) y que la mayor parte de sus partículas pasa el tamiz No.4 (4,75 mm) y son retenidas en su mayoría en el tamiz No. 200 (75 µm), o se denomina así a la parte de un árido que pasa por el tamiz No. 4 y es retenido en el No. 200 [14] . La primera definición se aplica a la totalidad del árido fino y la segunda a una parte de él.

Agregado grueso

Se lo conoce con el nombre de árido grueso y se llama así a los agregados cuya mayor parte de partículas quedan retenidas en el tamiz No. 4, o a la porción de un árido retenido sobre el tamiz No. 4 [14] La primera definición se aplica a la totalidad del árido grueso y la segunda a una muestra de él.

2.1.3 Ensayos para agregados

Los agregados ocupan un gran porcentaje del volumen total del hormigón. Se debe tener mucho cuidado al elegirlos y por eso necesitan tener ciertas propiedades para asegurar la elaboración de un hormigón de calidad, una alta resistencia del hormigón endurecido, durabilidad en las estructuras y economía en las mezclas. Por estas razones se realizan diferentes ensayos normalizados para encontrar dichas propiedades y realizar la dosificación. A continuación, se realiza una breve explicación sobre ellos.

Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. [14] El análisis granulométrico se determina según la Norma INEN 696 [15], la granulometría del agregado fino debe estar comprendida dentro de los límites que se especifican en el Anexo A-1, y la del agregado grueso se especifica en el Anexo A-2.

La norma americana equivalente es la ASTM C33/C33M “Especificación Normalizada para Agregados para Concreto” pero en los ensayos se utilizará las indicaciones de la INEN.

Para realizar el ensayo granulométrico es necesario contar con una muestra seca y cuya masa sea conocida previamente. Se debe muestrear el árido de conformidad con NTE INEN 695. Las partículas se van separando a través de una serie de tamices dispuestos desde los de mayor abertura hasta los de menor, es decir en forma descendente. La masa del conjunto de partículas retenida en cada tamiz permite calcular el porcentaje de la masa total y con esto la distribución del tamaño de partículas, todo esto se indica en la norma INEN [16]

Densidad aparente suelta

Es la relación entre la masa del árido y un volumen que ocupe dicha masa. Para determinar la densidad aparente suelta se llena una muestra del árido en estado seco en un molde cilíndrico de metal sin ningún tipo de compactación y simplemente enrasado. Es necesario calcular o conocer el volumen del recipiente para una vez pesado el molde más la muestra calcular la densidad. [17]

Densidad aparente compactada

Es la relación entre la masa del árido y un volumen que ocupe dicha masa. Se diferencia de la densidad aparente suelta porque en esta propiedad es necesario compactar la muestra.

Según la norma NTE INEN 0858 se puede realizar un procedimiento por varillado, por sacudidas o por paladas. [17]En el presente trabajo se realizará la compactación por varillado.

Para realizar este ensayo se debe llenar el molde en tres partes, tras llenar cada tercera parte se debe compactar el material con 25 golpes, realizándolo en forma de espiral. Finalmente se enrasa la superficie con los dedos o con una regleta y se registra el peso del molde más la muestra para una vez realizados los cálculos correspondientes obtener la densidad aparente compactada del agregado [17]

Densidad máxima de la mezcla

Consiste en determinar el porcentaje de agregado grueso y el complementario de agregado fino para que la mezcla de los dos agregados adquiera la máxima densidad posible, produciendo la menor cantidad de vacíos a ser ocupados por una mínima cantidad de pasta. Para encontrarla es necesaria llenar un molde metálico en tres capas compactadas por el método de la varilla con diferentes porcentajes tanto de arena como de ripio.

Densidad óptima de la mezcla

Es un valor menor que la densidad máxima, se obtiene disminuyendo un 4% del porcentaje de agregados finos y por lo tanto un aumento en el mismo porcentaje de agregados gruesos, de tal manera que se obtenga una cantidad mayor de vacíos la misma que posteriormente será llenada por pasta de cemento y agua. Esta densidad es una propiedad importante tomada en cuenta en la dosificación del hormigón por el método de la densidad óptima desarrollado en la Universidad Central del Ecuador.

Densidad Seca al horno (SH)

Según se indica en NTE INEN 0857 es la masa de las partículas del árido cuando este se encuentra seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros impermeables y permeables, sin incluir los vacíos entre las partículas. [18] Esta condición se consigue cuando se coloca la muestra de agregado en el horno con una temperatura constante de 110 °C hasta conseguir una masa constante.

Densidad Saturada superficialmente seca (SSS)

De acuerdo a NTE INEN 0856, es la masa de las partículas del árido cuando se encuentra saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre las partículas. [19] Para que la muestra de áridos llegue a este estado, es

necesario sumergirla en agua por 24 horas para después secar con una tela en el caso del árido grueso, y en una bandeja al sol en el caso del árido fino.

Densidad relativa

Se le llama así a la relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada. [18]

Para encontrar la densidad y la densidad relativa del árido grueso se debe contar con la muestra SSS. Luego, se determina el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua, ayudándose de una canastilla sumergida. Mientras que para encontrar estas propiedades en el agregado fino también se necesita una masa SSS. Después se coloca la muestra en un picnómetro graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico.

Según S. Medina [20], sugiere que la densidad real del árido fino y grueso debe ser mayor o igual a $2,6 \text{ gr/cm}^3$ y se debe descartar a los agregados que tengan una densidad menor a $2,3 \text{ gr/cm}^3$.

Capacidad de absorción de los agregados.

Como lo indica la norma NTE INEN 0857, la absorción es el incremento de la masa del árido debido a la filtración de agua en los poros de las partículas hasta llenarlas durante un periodo de tiempo, sin incluir el agua que se adhiere a la superficie externa de las partículas del agregado, la capacidad de absorción se expresa como un porcentaje de la masa seca. [18]

Para conocer este valor una vez realizados los ensayos para encontrar la densidad y la densidad relativa se toma una pequeña muestra y se coloca en un recipiente metálico previamente pesado para llevar la muestra al horno por un espacio de 24 horas, finalmente se registra el peso de la masa seca más el recipiente y así se obtiene el valor de la absorción, el cual es importante para conocer la manera en que interactúa el árido con la pasta de hormigón y la cantidad de agua que se le debe añadir para que sus poros se encuentren totalmente hidratados.

La capacidad de absorción del agregado fino debe estar de 0.2 al 2%, mientras que para el agregado grueso del 0.2 al 4%. [20]

2.1.4 Dosificación

El método de la densidad óptima es un procedimiento alternativo muy recomendado para la realidad de nuestro país, ya que permite utilizar la mínima cantidad posible de material cementante y agregados de calidad pobre. En la tabla 1 se encuentran los parámetros necesarios para realizar la dosificación, y a continuación se presentan las fórmulas de cálculo.

Tabla 1. Datos requeridos para dosificar

Datos	Nomenclatura
Resistencia del Hormigón a los 28 días	$f`c$
Asentamiento en el Cono de Abrams	cm
Densidad real del cemento	DRC
Densidad real de la arena	DRA
Densidad real del ripio	DRR
Porcentaje óptimo de ripio	POR
Porcentaje óptimo de arena	POA
Densidad óptima del agregado	DOAg
Densidad aparente suelta de la arena	DASA
Densidad aparente suelta del ripio	DASR
Densidad aparente compactada de la arena	DACA
Densidad aparente compactada del ripio	DACR

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.48, Quito (2010).

A. Densidad Real de los Agregados (DRAg)

$$DRAg = DRA * POA + DRR * POR$$

B. Porcentaje Óptimo de Vacíos (POV)

$$POV = \frac{DRAg - DOAg}{DRAg} * 100$$

C. Cantidad de Pasta (CP)

El valor de la cantidad de pasta se determina en porcentaje acorde al anexo B-1

$$CP\% = POV + 2\% + 8\%(POV) \quad \%CP = \frac{CP\%}{100} * 1000 \text{ dm}^3$$

D. Relación Agua/Cemento (W/C)

Se toma de acuerdo al anexo B-2 la relación Agua/Cemento que corresponde a la resistencia de 210 kg/cm²

E. Cantidad de Cemento (C)

$$CC = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

F. Cantidad de Agua (W)

$$W = \left(\frac{W}{C}\right) * C$$

G. Cantidad de Arena (A)

$$A = (VH' - CP) * DRA * POA$$

H. Cantidad de Ripio (R)

$$R = (VH' - CP) * DRR * POR$$

I. Dosificación

Para el agua, arena o ripio se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Dosificación al peso}(W, A, R) = \left(\frac{\text{Cantidad de Material}}{\text{Cantidad de Cemento}} \right)$$

Con esta relación se puede realizar una regla de tres para la cantidad deseada de especímenes a realizarse, conociendo el volumen de los cilindros.

Corrección por humedad a la dosificación.

La corrección por humedad se hace necesaria por el contenido de humedad que presentan los agregados fino y grueso, se la realiza un día antes de hacer la mezcla, debe cumplir con las normas INEN 856 [20] – INEN 857 [21]

Una vez obtenida la dosificación se aplica la corrección por humedad de la arena como del ripio:

$$\text{Corrección por humedad} = \text{Masa} * \frac{100 + \% \text{humedad}}{100 + \% \text{absorción}}$$

2.1.5 Propiedades del concreto

Densidad en estado fresco

Se refiere a la masa por unidad de volumen del concreto polimérico en estado fresco. Para su cálculo es necesario pesar previamente los cilindros metálicos. Luego, se toma el peso del cilindro más el concreto polimérico y finalmente se realizan los cálculos correspondientes para encontrar la densidad en estado fresco, cuyo valor es similar al del estado endurecido.

Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene un hormigón o mortero en estado fresco para poder colocarse y resistir la segregación de sus componentes. Esta propiedad es perceptible a la vista. [14].

Es importante que sea trabajable porque se necesita que el concreto se adapte con facilidad a diferentes tipos de encofrados y que se pueda compactar adecuadamente. [22]

Asentamiento

Da una idea de las propiedades plásticas de la mezcla y sirve para evaluar la consistencia del concreto. [22] A mayor asentamiento más fluido es el concreto Para medir el asentamiento se utiliza el método de cono de Abrams. El método del Cono de Abrams como lo indica la norma ASTM C143, consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado en un cono metálico con la punta truncada, en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes en forma de espiral. [22] Luego de enrasar se levanta el cono, y se deja que el hormigón caiga. Finalmente, se mide la distancia del asentamiento sufrido por el hormigón. A mayor asentamiento mayor es la trabajabilidad.

Homogeneidad

Es una condición importante para mantener la uniformidad del concreto [22], esto quiere decir que sus partículas estén estrechamente unidas conformando una sola masa. Para lograr que la mezcla sea homogénea se necesita un amasado enérgico y constante hasta asegurar que la superficie de los agregados se encuentre totalmente cubierta del material cementante.

Densidad en estado endurecido

Es la relación de la masa del concreto y del volumen del cilindro metálico que lo contiene. Su valor depende directamente de la densidad del árido, la compactación y el aire que contenga la muestra.

Resistencia a compresión

Se define como el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. En el folleto realizado por Y. Gharagozlou, se indica que la resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. [23]

La resistencia a la compresión se mide quebrantando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión [24], se determina al conocer el promedio de resultados de ensayos realizados sobre un grupo de probetas normalizadas, en una fecha determinada y siguiendo un proceso establecido. En el Manual de concreto estructural escrito por J. Porrero se indica que el mínimo de muestras suele ser 3 [25], pero depende de la normativa con la que se encuentre trabajando. En el promedio solo se debe tomar en cuenta a resultados válidos, es decir se debe desechar a aquellos valores que se alejen demasiado del valor promedio.

Según el IMCYC (Instituto Mexicano del cemento y del concreto) la resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa (173 kg/cm^2) para concreto residencial hasta 28 MPa (285 kg/cm^2) y más para estructuras comerciales. [26] Para determinadas aplicaciones como aeropuertos, muros se especifican resistencias altas del concreto que según McCormac se considera a los concretos que superan los 420 kg/cm^2 [11]. Según la Norma NEC-SE-HM el valor mínimo para el hormigón normal es de 21 MPa y el valor máximo para elementos de hormigón liviano es 35 MPa. [29]

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de encofrado o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Por estas razones se deben tomar todas las medidas para que el proceso de fabricación de muestras sea lo más homogéneo posible siguiendo todas las indicaciones incluidas en normas.

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de

ensayo de concreto en campo” Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto” [26]

Los cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio. [27]

La resistencia del concreto normalmente aumenta con la edad, este incremento se da rápidamente en los primeros días, luego de forma más gradual al transcurrir el tiempo y seguirá incrementando en un tiempo indefinido. [28] Los ensayos realizados a los 28 días siguiendo la normativa antes mencionada, dan una buena idea de la calidad del concreto.

Según G. Rivera, profesional de la Universidad del Cauca, la resistencia de un grupo de muestras nunca será uniforme debido a que el concreto es un material heterogéneo, ya que las partes que lo componen tienen características no constantes. Los materiales son una de las razones, pero existen otros factores que causan variabilidad en la calidad del hormigón como su forma de mezclarlo, el transporte que se utilice, el método de compactación y el curado que se le proporcione [28]

La resistencia a compresión obtenida debe estar dentro de los límites establecidos según la edad de ensayo del hormigón, así se tiene: para hormigones ensayados a los 21 días de edad su límite inferior será del 90% y su límite superior será de un 100% de la resistencia de diseño; a los 28 días de edad su límite inferior será del 95% y su límite superior será de un 105% de la resistencia de diseño.

2.1.6 Concreto polimérico

El concreto polimérico es una mezcla de resinas poliméricas, cargas minerales y en algunos casos se emplea como refuerzo a la fibra de vidrio o varilla. En ocasiones suele utilizarse aditivos como pigmentos humectantes. Las resinas poliméricas funcionan como catalizador y acelerador de la mezcla y pueden ser: poliéster, acrílicas, epóxicas o

metacrilato. La parte mineral es la parte que compone la masa y suele ser arena, marmolina, cuarzos, carbonatos de calcio o arenas sílicas. [29].

En el Segundo Congreso Internacional Poliformas plásticas realizado en México se expuso sobre los grandes beneficios que representa fabricar y utilizar concreto polimérico. Además algunos autores como B. Raman, J. Ramírez y M. Valencia en sus diferentes publicaciones coinciden en las siguientes propiedades:

- Alta resistencia mecánica. [2]
- Curva carga-deformación similar a la de hormigones convencionales
- Elevada dureza, es decir resistencia a ser rayado
- Gran rapidez de endurecimiento
- Baja absorción de humedad.
- Alta resistencia química a ácidos, álcalis y otros elementos corrosivos
- Buena resistencia a rayos UV, no se decoloran [30]
- Bajo peso específico
- Resistente al impacto

Las características del hormigón polimérico resultante dependerán directamente de la fase continua que es la resina y su parte dispersa, que es el árido como se indica en el artículo La múltiple Identidad del Hormigón escrita por J. Ramírez. [4] Es importante controlar esta relación para poder fabricar un material especial para cada necesidad en el destino que se lo desea emplear.

Como lo indica M. Valencia, sus propiedades se deben a que la resina es termoestable [7] lo que quiere decir es que este material no sufre cambios por la variación de temperatura a la que se puede ver expuesto, esta característica le transmite al concreto resultante un excelente comportamiento ante situaciones adversas como acciones de hielo y deshielo.

En la actualidad el concreto polimérico se emplea en el área de la construcción para la elaboración de pisos industriales, mesones para baños y cocinas, saunas, tanques para

almacenamiento de agua , tubería para aguas industriales, fosas colectoras, secciones estructurales en la industria minera, esculturas [29], ductos y elementos prefabricados [12]; igualmente se usa en aplicaciones eléctricas tales como: aisladores para transmisión de alta tensión, soporte para aislamiento de bujes, núcleos sólidos para aislamiento, entre otras. [7]

La gran cohesión de la resina con los agregados es el motivo por el cual este relativamente nuevo material es utilizado como recubrimiento de sistemas que necesitan aislamiento y también en reparaciones donde el concreto hecho con cemento portland ha sido dañado por agentes agresivos como agua, gasolina, aceite hidráulico, sosa caústica, ácidos, sales, entre otros.

El concreto polimérico carece de metodologías que estandaricen su diseño y producción. J. Ramírez asegura que para el cálculo de elementos estructurales aún no existe un código establecido [4] pero se obtienen buenos resultados utilizando los códigos para hormigón convencional una vez adaptado el diagrama de carga-deformación, de acuerdo a las propiedades del material diseñado.

2.1.7 Resina de poliéster

Desde 1827 el término “polímero” empezó a mencionarse por Jons Berzelius que por sus siglas griegas significa “muchas partes” para referirse a los monómeros que forman las sustancias moleculares producto de la polimerización. Existen polímeros naturales que se obtienen por ejemplo al hilar la lana de los animales, curtir el cuero, tratar las fibras de árboles u obtener caucho; pero los científicos en los últimos 60 años ha empezado a fabricar polímeros artificiales [31] y entre ellos: resina de poliéster.

Las resinas de poliéster son compuestos químicos termoplásticos derivados de la destilación del petróleo. Están clasificadas dentro de la familia de los plásticos, denominados técnicamente polímeros. Tienen una buena resistencia a la compresión térmica, mecánica y química como lo indican los fabricantes de este material “Sagrista Products.” [32]

La resina de poliéster cuando se polimeriza es parecida a un trozo de vidrio. Para un mejor manejo se le añade estireno, un disolvente que la convierte en un fluido. [33] Por sí sola la resina con la mezcla de agregados no se convertiría en una especie de roca artificial sin su catalizador: peróxido de Mek ($C_8H_{18}O_6$). Cuando se lo añade, se crea una serie de reacciones que provocan que los elementos químicos presentes en la resina se enlacen fuertemente formando primero un gel y luego un sólido. A este proceso de transformación de estado líquido a sólido se lo denomina curado, polimerización o endurecimiento y debe realizarse en una temperatura mayor a $16^{\circ}C$, caso contrario no se podrá llevar a cabo el proceso. Se debe cuidar que la temperatura ambiente no sea mayor a $27^{\circ}C$ porque se reduce el tiempo de endurecimiento, [34] provocando que no se pueda realizar un correcto amasado.

Para su endurecimiento es necesario un elemento químico que acelera su secado, este es el octoato de cobalto, un líquido rosáceo que le da la resina su color característico. La resina de poliéster normalmente ya se vende acelerada, generalmente a una concentración del 2%, pero en el caso de que se adquiriera por separado la resina y el acelerante, se debe tener en cuenta que siempre debe ser mezclado con la resina antes de añadir el catalizador, y que la unión entre octoato de cobalto puro, sin estar añadido a la resina y el catalizador, es altamente explosiva. [33] En Ecuador la resina de poliéster se utiliza para procesos de laminación, es decir para impregnarla sobre tejidos. Se encuentra en el mercado la resina de poliéster cobaltada, por eso solo es necesario añadirle peróxido de mek ($C_8H_{18}O_6$).

Para su conservación se debe evitar la humedad, la alta temperatura y la luz. Tiene una ebullición inferior a los $60^{\circ}C$ debido al estireno que contiene cuyo punto de inflamación es de 33° por ello es muy recomendable guardar la resina lejos de cualquier foco inflamable. [33] Su exposición a estos factores podrían repercutir en su posterior desempeño, haciéndola menos durable.

Las propiedades visco-elásticas del polímero son las responsables de algunos problemas que presenta el hormigón polimérico como un módulo de elasticidad no demasiado alto

y susceptibilidad a la temperatura alta, generalmente no se mantendrá estable a partir de los 100°C [4]

Por el rápido endurecimiento de la mezcla de los agregados con la resina, es recomendable utilizar monómero de estireno para eliminar la suciedad y residuos de los moldes y herramientas que se utilizan para el amasado.

2.1.8 Peróxido de Mek ($C_8H_{18}O_6$)

El catalizador utilizado para la resina de poliéster es el conocido Peróxido de metil etil cetona o peróxido de Mek ($C_8H_{18}O_6$), este elemento provocará la reacción química antes aludida y, por tanto, su gelificación y endurecimiento final. El más usual es Peróxido de Metil Etil Cetona. Como se indica anteriormente, no debe ponerse en contacto con el acelerador ya que genera una reacción exotérmica, lo que quiere decir que desprende calor, con riesgo de incendio. [33]

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis alternativa

La resina de poliéster en el concreto polimérico incidirá en la obtención de una alta resistencia a compresión.

2.2.2 Hipótesis nula

La resina de poliéster en el concreto polimérico no incidirá en la obtención de una alta resistencia a compresión.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.3.1 Variable independiente:

Resina de poliéster en el concreto polimérico

2.3.2 Variable dependiente:

Alta resistencia a compresión

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Nivel o tipo de investigación

Según el autor Leiva Zea [35], existen tres modalidades de investigación, a continuación, se explica en que partes de la investigación se aplica cada una de ellas.

3.1.1 Modalidades de la investigación

A continuación, se detallan los tipos de investigación que se utilizan en el presente trabajo.

Investigación experimental

Analizando la clasificación por el tiempo, el trabajo será experimental. La investigación experimental es la que se refiere a una realidad que no existe en el presente pero que existirá en el futuro luego de realizarse el trabajo [35]. Desde hace varios años el hormigón solo ha sido elaborado con agregado grueso, agregado fino, cemento y agua, sin haber grandes cambios más que el empleo de aditivos para adecuar al concreto a ambientes o situaciones específicas, pero aún con limitaciones. Es por esta razón que se experimentará con la adición de resina de poliéster como aglomerante en lugar del cemento y se verificará que resistencia a compresión se puede obtener con una cantidad óptima de polímero.

Investigación de laboratorio

Otra modalidad es la de laboratorio ya que se realizará en un ambiente controlado, en este caso la recolección de información para desarrollar la presente tesis se realizará en el laboratorio de ensayo de materiales, se trabajará con probetas de hormigón polimérico y se las someterá a ensayos para obtener la propiedad mecánica de interés de este trabajo. Todo lo descrito se realizará siguiente lo dispuesto en las respectivas normas INEN y ASTM para la elaboración de las muestras antes mencionadas.

Investigación aplicada

Esta modalidad se refiere a que los resultados de la investigación buscan dar solución a problemas a algún sector de la sociedad. En este caso por objetivo del presente trabajo, la investigación será del tipo aplicada, ya que se busca obtener resultados que permitan aplicar este novedoso material en distintos campos de la construcción donde sus propiedades mejoradas sean requeridas por su evidente superioridad sobre las de los insumos con los que se cuenta en la actualidad. Las industrias podrían producir este material a gran escala.

3.1.2 Niveles de investigación

De acuerdo a L. Herrera existen cuatro niveles de investigación [36], se alcanzarán los siguientes:

Nivel exploratorio

En este nivel se sondea un problema poco investigado, a partir de él se genera una hipótesis y se reconoce variables. Se alcanza el nivel exploratorio en el Capítulo I y Capítulo II porque se investiga la problemática actual relacionada con la carrera de Ingeniería Civil y se encontró que es necesario innovar en materiales de construcción para terminar con las lesiones y problemas que un hormigón normal siempre tiene en obras civiles. Además, se logró encontrar información sobre el uso de polímeros el hormigón, formando una hipótesis en la cual se reconoce una variable dependiente y una dependiente.

Nivel descriptivo

El nivel descriptivo es aquel donde se clasifica elementos y estructuras, según ciertos criterios. Se llega al nivel exploratorio a partir del Capítulo II, debido a que se empezó a desarrollar los temas con la hipótesis de trabajo y se desarrolla la fundamentación teórica. En este punto se pudo relacionar la información y hacer una predicción probable del comportamiento que tendrá la resina de poliéster al adicionarse a una mezcla de agregado grueso y fino, propuesta posible al conocer las propiedades de los materiales por separado.

Nivel de asociación de variables con hipótesis

Este nivel evalúa las variaciones de comportamiento de una variable en función de variaciones de otra variable y se determina tendencias. Esto se logra en el Capítulo IV y V donde se verifica la hipótesis describiendo cuál es la relación entre la variable dependiente e independiente.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población la conforma el concreto polimérico, que estará compuesto de agregado fino y agregado grueso como relleno, resina de poliéster que funcionará como pasta o matriz y peróxido de Mek ($C_8H_{18}O_6$) como catalizador para que se produzca el fraguado.

3.2.2 Muestra

Para llevar a cabo la experimentación, se tomará agregado fino y agregado grueso cuya superficie se encuentre seca, para realizar los ensayos de granulometría y densidades. Lo siguiente que se deberá hacer es fabricar probetas con 45%, 50% y 55% de resina de poliéster del porcentaje total de la pasta de cemento de un hormigón diseñado para resistir 210 kg/cm^2 a compresión.

Según el Instituto Mexicano del cemento y del concreto, la resistencia a compresión resulta del promedio de por lo menos dos pruebas de resistencia en probetas de una misma muestra de concreto a la misma edad [37]. Sin embargo, para el presente trabajo experimental se contará con cinco muestras de la propuesta de investigación, el ensayo se realizará a los 21 y 28 días de concluir con la preparación de la mezcla y se hará uno tras otro. Se realizarán las probetas en cilindros de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura. En la Tabla 2 se detalla el número de muestras total a realizarse y a que corresponden.

Tabla 2. Número de probetas cilíndricas del estudio.

Ensayo	Número de muestras	Número según la edad del hormigón 21 y 28 días	Porcentajes de resina de poliéster 45, 50, 55 %
Compresión	5	2	3
TOTAL			30

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Operacionalización de variable independiente

Resina de poliéster en el concreto polimérico

Tabla 3. Operacionalización de Variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>La resina de poliéster es un compuesto químico termoplástico, derivado de la destilación del petróleo. Son denominados técnicamente polímeros. [38] El concreto polimérico está compuesto por agregado fino, agregado grueso, resina de poliéster y peróxido de mek ($C_8H_{18}O_6$)</p>	Resina de poliéster	Porcentaje	¿Cuál es el porcentaje óptimo de resina de poliéster para alcanzar una alta resistencia a compresión?	-Análisis de resultados
	Agregado fino y agregado grueso	Granulometría	¿Cumple el conglomerado de agregados con los límites de granulometría?	-Ensayo de materiales con Norma NTE INEN 0696
		Densidad	¿Cuál es la densidad del agregado grueso y fino?	-Ensayo de materiales: Norma NTE INEN 0856 y NTE INEN 0857

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

3.3.2 Operacionalización de variable dependiente

Alta resistencia a compresión

Tabla 4. Operacionalización de Variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>La resistencia a compresión resulta de dividir la carga de ruptura entre el área de la sección que resiste a la carga [37]</p> <p>Una alta Resistencia del concreto según McCormac se considera a los concretos que superan los 420 kg/cm² [11]</p>	Resistencia a compresión	Ensayo a compresión	¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto polimérico?	-Norma ASTM C31 -Análisis de resultados.

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

3.4 Plan de recolección de información

Tabla 5. Plan de Recolección de Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para determinar un porcentaje de resina de poliéster en un concreto polimérico para alcanzar una alta resistencia a compresión
2. ¿De qué personas u objetos?	De 30 probetas de concreto polimérico elaboradas con 45, 50 y 55% de resina de poliéster.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Sobre la alta resistencia a compresión de las probetas.
4. ¿Quién?	La Srta. Cristina del Pilar Buenaño Mariño, autora del presente trabajo experimental y el Ing. Mg. Alex López
5. ¿Dónde?	Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato
6. ¿Cómo?	Siguiendo la siguiente normativa: -ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo” -ASTM C470 “Especificación estándar para moldes para elaborar cilindros de concreto para ensayo” -ASTM C172 “Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado” - INEN 1763 “Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo” ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto” [26]

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

3.5 Plan Procesamiento y análisis.

El plan de procesamiento y análisis se realizará como se indica en el libro “Tutoría de la Investigación Científica” [36], en donde se encuentra la guía completa para elaborar un trabajo de graduación.

3.5.1 Plan de procesamiento

- Revisión crítica, técnica y detallada de la información, es decir, revisar los resultados que arrojen cada grupo de muestras conservado los valores de compresión que se alejen de los otros porque es importante conservar el espectro de resultados.
- Tabulación de datos según las variables de la hipótesis mediante hojas electrónicas.
- Representaciones gráficas de resultados antes tabulados en barras circulares que permitan comparar la resistencia a compresión con los diferentes porcentajes de resina de poliéster. Y elaboración de una gráfica con la curva de Resistencia Vs. días de ensayo.

3.5.2 Plan de análisis de resultados

- Analizar los resultados obtenidos tanto los tabulados como los gráficos, haciendo referencia a los objetivos e hipótesis.
- Interpretar los resultados estableciendo comparaciones, diferencias y novedades encontradas con los valores de compresión encontrados.
- Verificar si se cumple la hipótesis: el porcentaje de resina de poliéster podría influir positivamente en la resistencia a compresión del concreto polimérico.
- Determinar conclusiones en referencia a los objetivos planteados en un principio
- Realizar recomendaciones en base a la experiencia del trabajo para plantear nuevas líneas de investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Metodología de trabajo

4.1.1 Agregados

Como primer paso se verifica que el material procedente de la Mina “Constructora Alvarado” ubicada en el sector las Viñas del cantón Ambato cumpla con los requisitos de granulometría de acuerdo a la norma NTE INEN 0696. En el anexo C-1 y C-2 se encuentra el análisis granulométrico del agregado fino y grueso respectivamente, lo que demuestra que los áridos si se encuentran dentro de los límites establecidos.

Lo que se realiza a continuación es determinar la densidad aparente suelta, compactada y real de los áridos. Los datos de los ensayos realizados se encuentran en los anexos C-3, C-4, C-5, C-6 y C-7. La densidad aparente suelta del agregado grueso es $1,32 \frac{kg}{dm^3}$ y la del agregado fino es $1,63 \frac{kg}{dm^3}$, mientras que la densidad compactada del agregado grueso es $1,40 \frac{kg}{dm^3}$ y la del agregado fino es $1,74 \frac{kg}{dm^3}$.

En el anexo C-5 se muestra que los porcentajes de árido para obtener una densidad máxima de $1,910 \frac{gr}{cm^3}$ son de 50% de arena y 50% de ripio. Normalmente, se reduce el 4% al agregado fino, sin embargo la bibliografía consultada [2], [3] y [29] coinciden en que es necesaria una mayor cantidad de arena y material de partículas finas en general para alcanzar una alta resistencia a compresión. Se hicieron pruebas previas con el porcentaje de áridos para una densidad máxima y óptima pero como resultado se obtuvo una mezcla poco homogénea y muestras muy porosas por lo que se trabajó con una mezcla de 55% arena y 45% de ripio, obteniendo una densidad de dicha mezcla de $1,895 \frac{gr}{cm^3}$.

4.1.2 Densidad real del cemento

En la elaboración del concreto polimérico de este trabajo experimental no se utiliza cemento. Sin embargo, el valor de su densidad real es un dato de entrada para realizar la dosificación para un concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$, del cual parte el diseño del concreto polimérico propuesto. La densidad real del cemento es de $2,68 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$. Los datos del ensayo realizado se encuentran en el anexo C-8

4.1.3 Dosificación

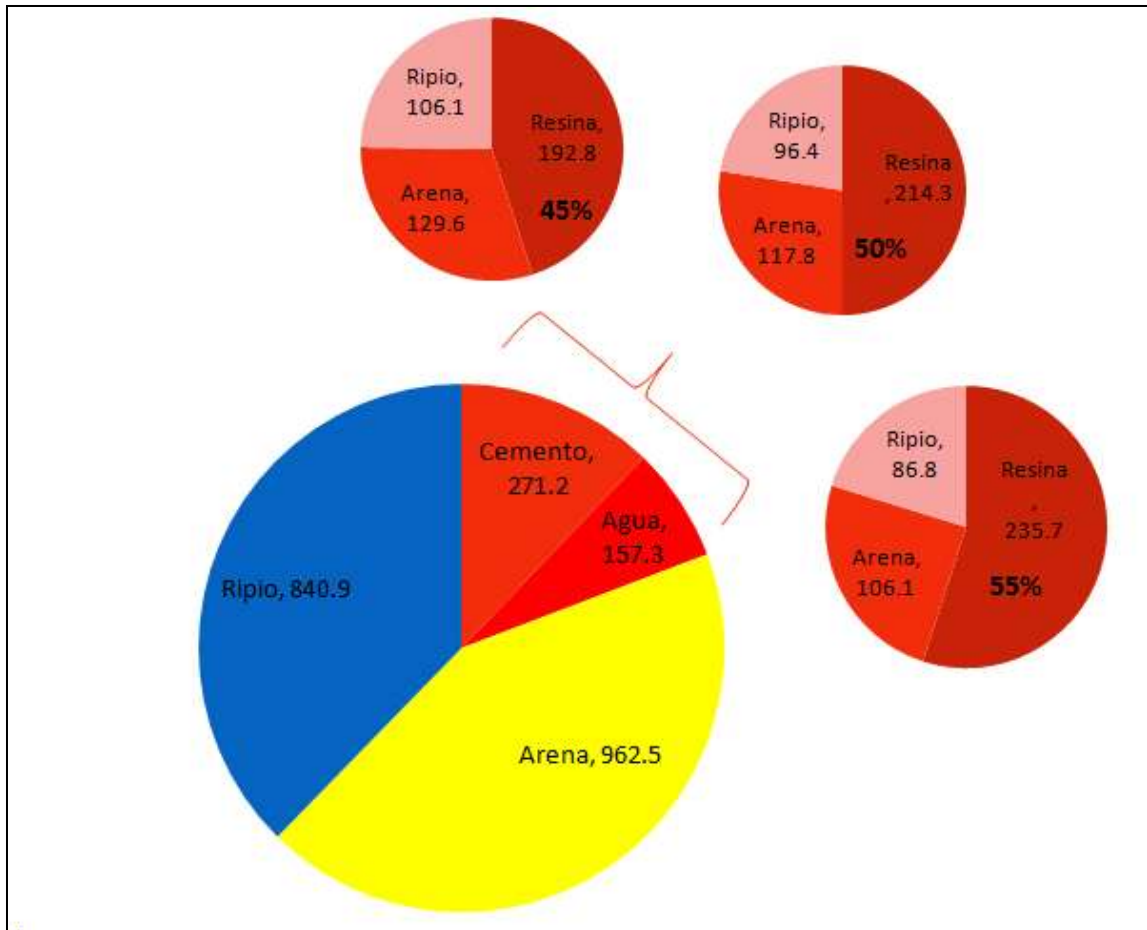
Para realizar la dosificación de las muestras del presente trabajo experimental se empezará por hacer un diseño por el método de la “Densidad óptima” de la Universidad Central del Ecuador para un hormigón de 210 kg/cm^2 .

Como antecedente se realizaron pruebas previas sustituyendo el 40% de la pasta de agua-cemento con resina de poliéster y el porcentaje restante con árido fino. En el proceso de mezclado se observó que con dificultad los áridos se impregnaron totalmente de resina por lo que se determinó de esta manera que el 45% es el mínimo porcentaje posible para lograr obtener una mezcla homogénea siendo este el punto de partida del presente proyecto experimental.

En el anexo D-1 se encuentra la tabla de dosificación resumida. Una vez obtenido el peso de la pasta de cemento, se tomará a ese valor como el 100% y se sustituirá el 45, 50, y 55% con resina de poliéster. Los porcentajes complementarios de la pasta, 55, 50 y 45% respectivamente, se reemplazarán a su vez con una mezcla de árido grueso y fino con el porcentaje de densidad óptima, como se puede ver en el Gráfico 1. Se sustituyó de esta manera debido a que en las fuentes bibliográficas actuales no se encuentra detallada la dosificación para concreto polimérico. En el anexo D-2 se encuentra la dosificación para un m^3 realizada en la presente investigación.

En la tabla del anexo D-3 se puede observar la dosificación para 5 probetas de concreto polimérico. En la última fila se indica la cantidad en gramos que se necesita de peróxido de Mek ($\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_6$), que es el 5% de resina de poliéster. Esta cantidad es la necesaria para que el concreto endurezca [8]

Gráfico 1. Diagrama de dosificación en kg de concreto polimérico



CANTIDAD EN kg por m³ PARA CONCRETO POLIMÉRICO

	45	50	55	%
A	1092.11	1080.33	1068.54	Kg
R	946.93	937.29	927.65	Kg
RESINA	192.81	214.23	235.65	Kg
PERÓXIDO DE MEK (AL 5%)	96.40	107.12	117.83	Kg

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

4.1.4 Elaboración de probetas.

Para la elaboración de la mezcla del concreto se sigue lo estipulado en la Norma NTE INEN 3124 y se utilizó árido con superficie seca.

Llenado de moldes

Como se indica en los anexos E-1 y E-2 se debe llenar los cilindros normalizados de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura en dos capas compactando con 25 golpes cada capa. Luego de compactar cada capa se debe dar de 10 a 15 golpes con un martillo de goma [39] para así eliminar las burbujas de agua que pueden estar contenidas y como último paso se debe enrasar con la misma varilla de compactación.

Curado

El artículo “Características mecánicas del concreto polimérico” [2] es un trabajo que recopila información de varios artículos científicos y opiniones de expertos en el tema del concreto polimérico. En las conclusiones del artículo se expone que, el curado debe realizarse a temperatura ambiente, es decir que no es necesario sumergir los cilindros en agua por el mismo motivo que el concreto polimérico carece de este componente.

4.2 Análisis de los resultados

4.2.1 Propiedades del hormigón polimérico en estado fresco

Al realizar la mezcla del concreto existen propiedades que se pueden apreciar visualmente como lo son la trabajabilidad y la homogeneidad. En la tabla 5 se puede ver las propiedades del concreto polimérico en estado fresco para el ensayo de compresión a los 21 días, y en la tabla 6 para el de los 28 días.

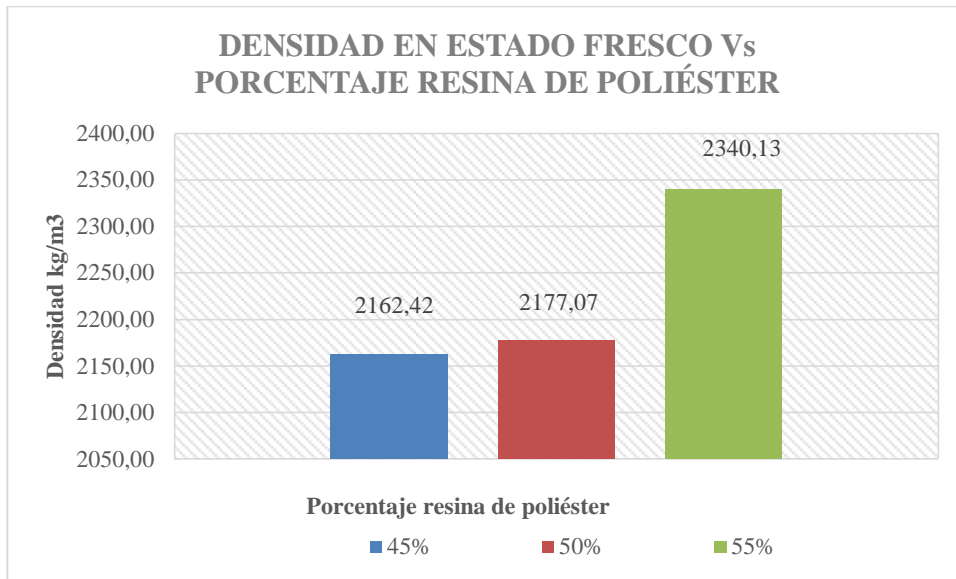
Tabla 6. Propiedades en estado fresco para ensayo a compresión a los 21 días

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 										
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DE CILINDROS PARA COMPRESIÓN 21 DÍAS										
ENSAYADO POR:		Cristina del Pilar Buenaño Mariño					FECHA ELABORACIÓN:		29/11/2017	
Número	% DE RESINA	Masa del Recipiente (Kg)	Masa del Recipiente + Hormigón (Kg)	Masa de Hormigón (Kg)	Volumen del recipiente (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio kg/m3	Trabajabilidad	Asentamiento cm	Homogeneidad
1	45	4,04	7,49	3,45	0,00157	2194,27	2162,42	Poco trabajable	2,00	Regular
2		4,05	7,37	3,32	0,00157	2114,65		Poco trabajable		Regular
3		4,04	7,49	3,45	0,00157	2197,45		Poco trabajable		Regular
4		4,01	7,30	3,29	0,00157	2095,54		Poco trabajable		Regular
5		4,02	7,49	3,47	0,00157	2210,19		Poco trabajable		Regular
6	50	4,08	7,56	3,48	0,00157	2216,56	2177,07	Poco trabajable	1,50	Buena
7		4,42	7,47	3,05	0,00157	1942,68		Poco trabajable		Buena
8		4,03	7,53	3,50	0,00157	2229,30		Poco trabajable		Buena
9		4,03	7,54	3,51	0,00157	2235,67		Poco trabajable		Buena
10		4,02	7,57	3,55	0,00157	2261,15		Poco trabajable		Buena
11	55	4,04	7,73	3,69	0,00157	2350,32	2340,13	Trabajable	2,50	Buena
12		4,05	7,72	3,67	0,00157	2337,58		Trabajable		Buena
13		4,04	7,74	3,70	0,00157	2356,69		Trabajable		Buena
14		4,01	7,75	3,74	0,00157	2382,17		Trabajable		Buena
15		4,02	7,59	3,57	0,00157	2273,89		Trabajable		Buena

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: El asentamiento medido con el cono de Abrams resultó ser entre 1,5 y 2,5 centímetros lo que permite saber que la mezcla era poco fluida. Sin embargo, la homogeneidad y la trabajabilidad mejoran con el incremento del porcentaje de resina de poliéster. La homogeneidad mejoró notablemente con el 55% de resina de poliéster porque la mezcla se conformó en un tiempo menor de amasado.



Gráfico 2. Densidad en estado fresco Vs Porcentaje de resina de poliéster de muestras para en ensayo a compresión a los 21 días



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: En estado fresco se puede observar como la densidad aumenta con el incremento de resina de poliéster, esto se debe a que el peso específico de la resina es mayor que la de los agregados y al incrementar el porcentaje de la misma produce una mayor densidad del concreto polimérico.

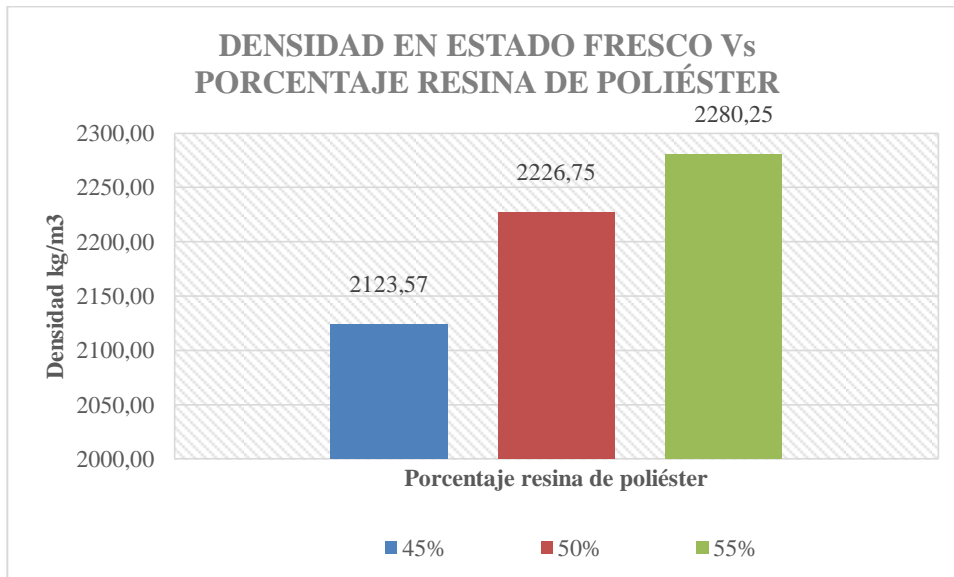
Tabla 7. Propiedades en estado fresco para ensayo a compresión a los 28 días

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 										
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DE CILINDROS PARA COMPRESIÓN 28 DÍAS										
ENSAYADO POR:		Cristina del Pilar Buenaño Mariño					FECHA ELABORACIÓN:		06/12/2017	
Número	% DE RESINA	Masa del Recipiente (Kg)	Masa del Recipiente + Hormigón (Kg)	Masa de Hormigón (Kg)	Volumen del recipiente (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio kg/m3	Trabajabilidad	Asentamiento cm	Homogeneidad
1	45	4,04	7,38	3,34	0,00157	2127,39	2123,57	Poco trabajable	1,5	Regular
2		4,05	7,37	3,32	0,00157	2114,65		Poco trabajable		Regular
3		4,04	7,39	3,35	0,00157	2133,76		Poco trabajable		Regular
4		4,01	7,41	3,40	0,00157	2165,61		Poco trabajable		Regular
5		4,02	7,28	3,26	0,00157	2076,43		Poco trabajable		Regular
6	50	4,08	7,65	3,57	0,00157	2273,89	2226,75	Poco trabajable	1,5	Regular
7		4,02	7,56	3,54	0,00157	2254,78		Poco trabajable		Regular
8		4,03	7,61	3,58	0,00157	2280,25		Poco trabajable		Regular
9		4,03	7,43	3,40	0,00157	2165,61		Poco trabajable		Regular
10		4,02	7,41	3,39	0,00157	2159,24		Poco trabajable		Regular
11	55	4,03	7,53	3,50	0,00157	2229,30	2280,25	Trabajable	2	Buena
12		4,04	7,73	3,69	0,00157	2350,32		Trabajable		Buena
13		4,04	7,55	3,51	0,00157	2235,67		Trabajable		Buena
14		4,05	7,57	3,52	0,00157	2242,04		Trabajable		Buena
15		4,02	7,70	3,68	0,00157	2343,95		Trabajable		Buena

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño.

Análisis: La mezcla se observó seca y poco trabajable pero conforme se incrementa el porcentaje de resina de poliéster el concreto se hace más trabajable y homogéneo. El asentamiento se registró entre 1,5 y 2 cm, esto se debe a la sequedad de la mezcla.

Gráfico 3. Densidad en estado fresco Vs Porcentaje de resina de poliéster de muestras para en ensayo a compresión a los 28 días





Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: En este grupo de muestras se corrobora que la densidad incrementa ligeramente con el aumento de resina de poliéster. El promedio más bajo es de 2123,57 kg/cm³ y el más alto es 2280,25 kg/cm³, existiendo una variación de 156,68 kg/cm³.

4.2.2 Propiedades del hormigón en estado endurecido

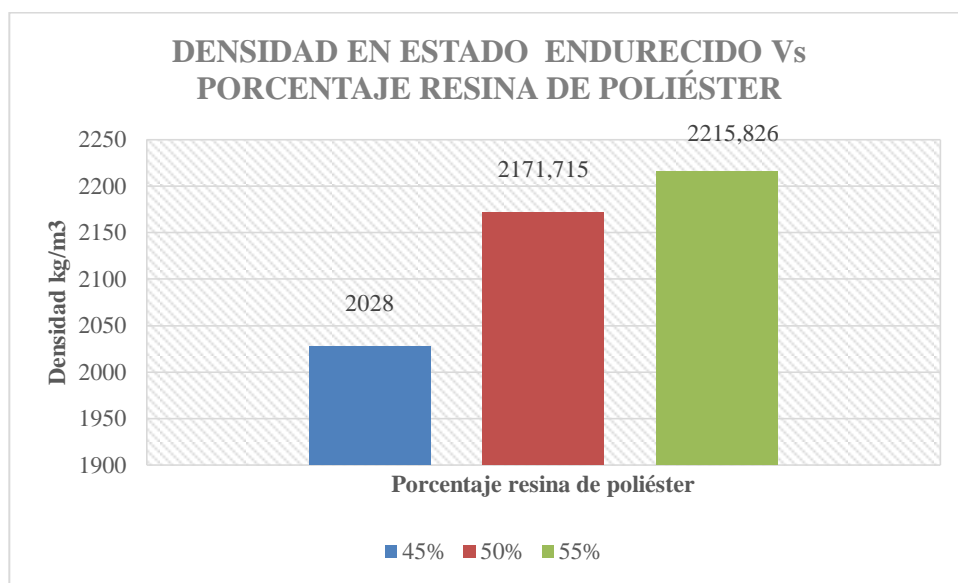
El resultado que interesa más de las propiedades en estado endurecido del concreto polimérico es su resistencia a compresión, a continuación, se presentan tanto los ensayos realizados a los 21 como a los 28 días, junto con las densidades calculadas en ese estado.

Tabla 8. Propiedades en estado endurecido para ensayo a compresión a los 21 días

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 												
RESISTENCIA A COMPRESIÓN 21 DÍAS												
ENSAYO		Compresión (f'c)					FECHA ELABORACIÓN:		29/11/2017			
NORMA:		INEN 1573					FECHA DE ENSAYO:		20/12/2017			
ENSAYADO POR:		Cristina del Pilar Buenaño Mariño					EDAD:		21 días			
Numero	% DE RESINA	Diámetro Ø (m)	Altura h (m)	Volumen V (m3)	Peso (kg)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)	Carga (kg)	Lím Inferior (kg/cm2)	f'c (kg/cm2)	Lím Superior (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)
1	45	0,105	0,200	0,00173	3,3625	1941,61	2028,000	11273,45	189	143,62	216	123,810
2		0,102	0,201	0,00164	3,3230	2023,22		6311,94		80,38		
3		0,101	0,200	0,00160	3,3284	2082,38		10686,46		138,72		
4		0,100	0,203	0,00159	3,3462	2098,77		6842,19		87,11		
5		0,101	0,202	0,00162	3,2233	1991,66		13286,7		169,22		
6	50	0,100	0,200	0,00156	3,5394	2275,95	2171,715	19323,32	189	245,956	216	241,164
7		0,101	0,201	0,00161	3,5624	2212,14		17059,58		217,200		
8		0,103	0,203	0,00169	3,5656	2108,00		19639,42		250,137		
9		0,101	0,200	0,00160	3,3789	2108,68		21831,77		277,976		
10		0,100	0,201	0,00158	3,4001	2153,80		16845,44		214,549		
11	55	0,101	0,201	0,00161	3,5224	2192,76	2215,826	42083,02	189	535,863	216	460,281
12		0,102	0,202	0,00165	3,7265	2257,66		36637,82		466,522		
13		0,102	0,200	0,00162	3,5298	2181,21		42725,43		544,021		
14		0,101	0,199	0,00157	3,5350	2244,95		36280,93		461,933		
15		0,103	0,200	0,00166	3,6613	2202,56		23014,63		293,068		

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño.

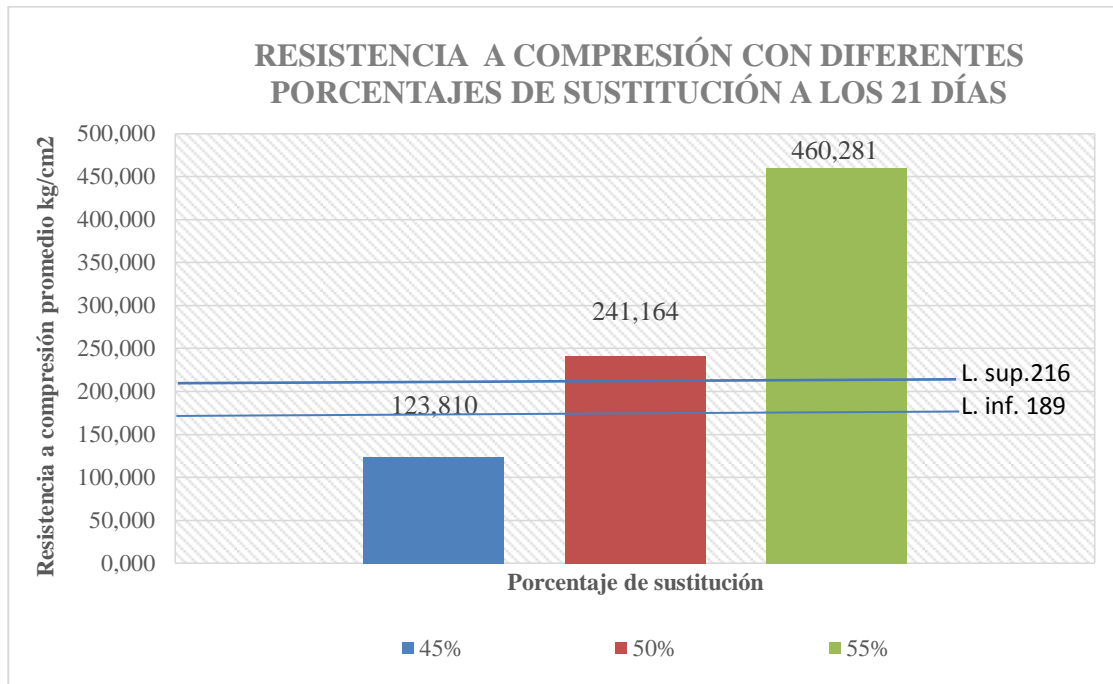
Gráfico 4. Densidad en estado endurecido Vs Porcentaje de resina de poliéster a los 21 días



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: Al igual que en el estado fresco, la densidad aumenta cuando el porcentaje de resina de poliéster es mayor, además se observa al comparar con las densidades en estado fresco que, al endurecerse la mezcla, la densidad disminuye.

Gráfico 5. Resistencia a compresión VS porcentaje de sustitución de la pasta de cemento con 45%, 50% y 55% de resina de poliéster, para ensayos de compresión a los 21 días



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

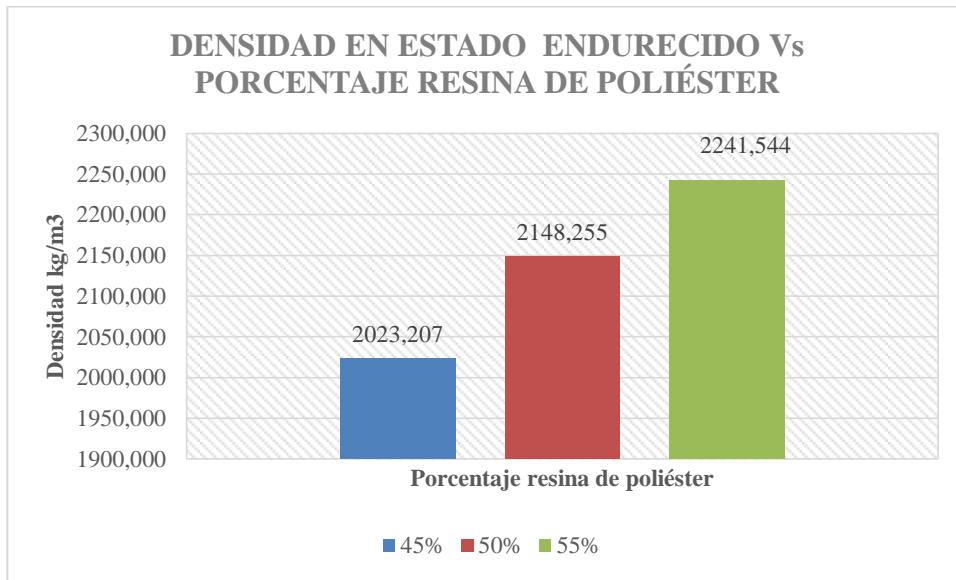
Análisis: La totalidad de las muestras de concreto polimérico con el 45% de resina de poliéster no superaron el límite inferior de la resistencia a compresión esperado a los 21 días, esto puede deberse a la heterogeneidad de la mezcla donde los agregados no se distribuyeron uniformemente al tratarse de una mezcla tan seca. Con el 50% de resina de poliéster se observa que incluso supera la resistencia de diseño y duplica el valor obtenido con el 45%. La resistencia promedio que se alcanza con el 55% de resina de poliéster duplica al valor de resistencia de diseño. Esto permite determinar que, con incrementos de 5% de resina de poliéster existen grandes variaciones en la resistencia a compresión resultante.

Tabla 9. Propiedades en estado endurecido para ensayo a compresión a los 28 días

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Y MECÁNICA		 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
RESISTENCIA A COMPRESIÓN 28 DÍAS												
ENSAYO		Compresión (f'c)					FECHA ELABORACIÓN:		06/12/2017			
NORMA:		INEN 1573					FECHA DE ENSAYO:		03/01/2017			
ENSAYADO POR:		Cristina del Pilar Buenaño Mariño					EDAD:		28 días			
Numero	% DE RESINA	Diámetro Ø (m)	Altura h (m)	Volumen V (m3)	Peso (kg)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)	Carga (kg)	Lím Inferior (kg/cm2)	f'c (kg/cm2)	Lím Superior (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)
1	45	0,106	0,200	0,00176	3,3550	1900,90	2023,207	12070,676	199,5	136,782	220,5	127,901
2		0,101	0,201	0,00159	3,3213	2083,00		9407,705		118,593		
3		0,101	0,200	0,00160	3,3296	2083,13		10866,012		135,624		
4		0,101	0,203	0,00161	3,3634	2093,78		10071,017		126,955		
5		0,102	0,203	0,00165	3,2353	1955,23		9932,268		121,551		
6	50	0,100	0,200	0,00156	3,5670	2293,70	2148,255	19719,404	199,5	253,604	220,5	256,201
7		0,101	0,201	0,00161	3,5287	2191,22		21690,977		270,736		
8		0,102	0,206	0,00166	3,5734	2149,05		21972,278		271,551		
9		0,101	0,201	0,00161	3,3806	2104,48		18890,777		235,785		
10		0,103	0,206	0,00170	3,3962	2002,82		20573,489		249,327		
11	55	0,101	0,201	0,00161	3,5315	2198,42	2241,544	39205,663	199,5	489,345	220,5	510,347
12		0,103	0,201	0,00166	3,7265	2246,81		43300,145		524,748		
13		0,102	0,200	0,00162	3,5212	2175,89		42193,347		521,460		
14		0,101	0,199	0,00157	3,5224	2236,94		42211,915		532,123		
15		0,100	0,200	0,00157	3,6816	2349,65		38018,158		484,061		

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño.

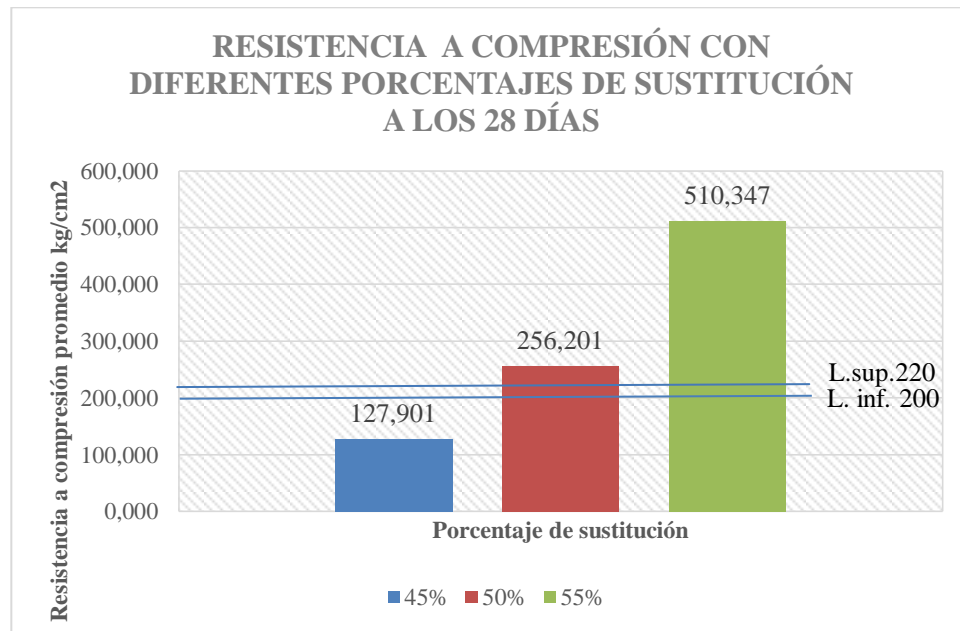
Gráfico 6. Densidad en estado endurecido Vs Porcentaje de resina de poliéster a los 28 días



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: Se puede observar que al incrementar la resina de poliéster incrementa la densidad en estado endurecido. La variación entre la densidad más alta y la más baja es de 218,34 kg/cm². La densidad entre el concreto polimérico con el 50 y 55% de resina de poliéster es muy similar, apenas tienen una variación de 93,29 kg/cm².



Gráfico 7. Resistencia a compresión VS porcentaje de sustitución con 45%, 50% y 55% de resina de poliéster, a los 28 días



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

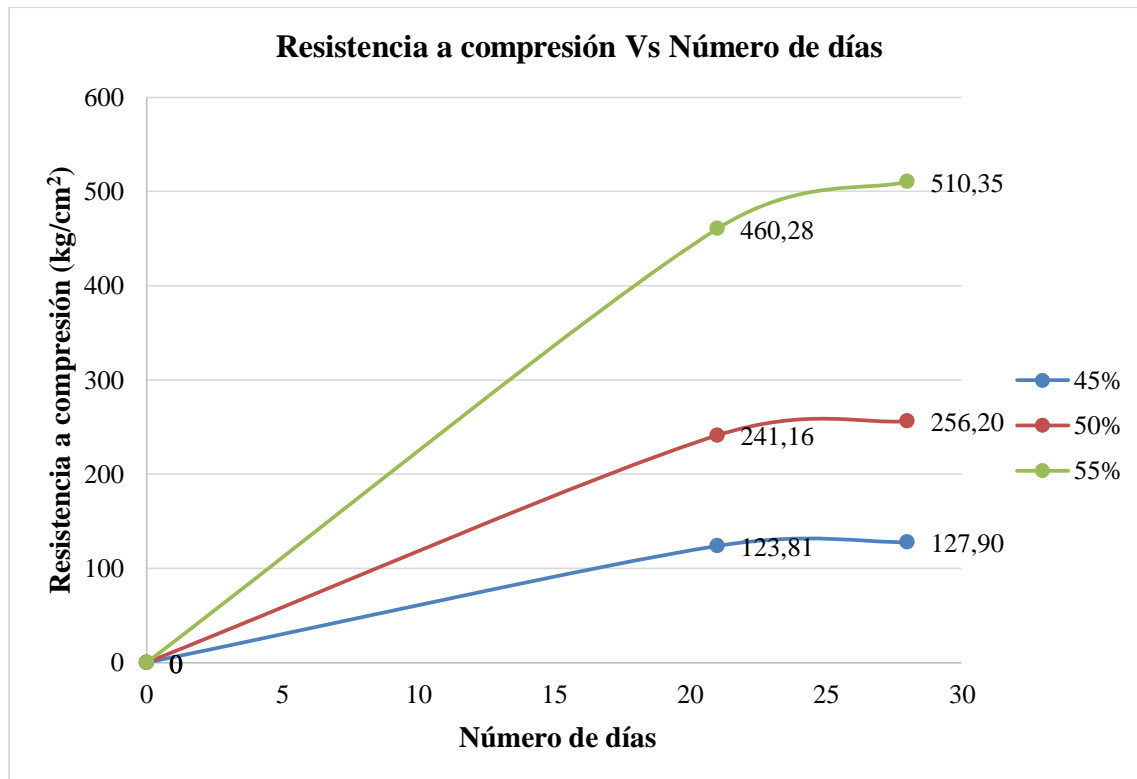
Análisis: Todos de los cilindros con el 45% de resina de poliéster no alcanzaron el límite inferior de resistencia a compresión esperado a los 28 días que es de 200 kg/cm². Esto se debe a la heterogeneidad de la mezcla. Esta gráfica permite desechar al 45% como un porcentaje óptimo de resina de poliéster. Con el 50% de resina de poliéster se logra superar el límite superior, pero, no se alcanzó aún una alta resistencia. Finalmente, con el 55% de resina de poliéster se pudo obtener una alta resistencia de 510 kg/cm²

Tabla 10. Resumen de resistencias promedio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
RESUMEN DE RESISTENCIAS	
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño
% DE RESINA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
Edad:21 días	
45	123,164
50	241,164
55	460,281
Edad:28 días	
45	127,901
50	256,201
55	510,347

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Gráfico 8. Resistencia a compresión Vs días de ensayo



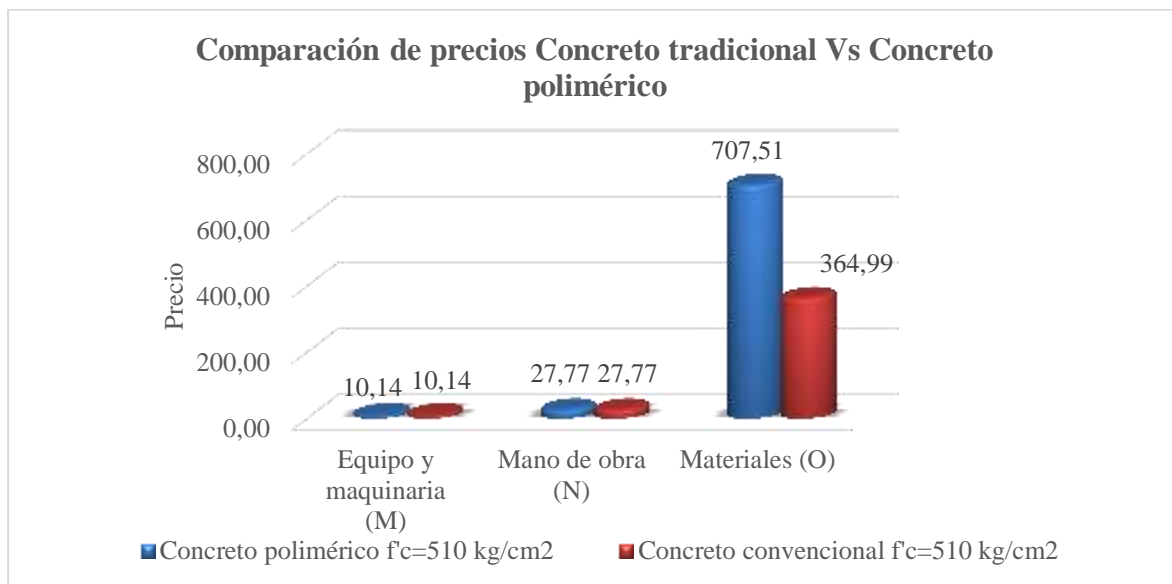
Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: En esta gráfica se puede apreciar como el porcentaje de resina de poliéster en el concreto polimérico es proporcional a su resistencia a compresión. Con el 45% de resina de poliéster no hay una gran diferencia entre la resistencia que se alcanza a los 21 días y la alcanzada a los 28 días. Con el 50% de resina de poliéster se obtienen resistencias a compresión superiores a la de diseño que es 210 kg/cm², y se incrementa la diferencia de la resistencia a compresión con el pasar de los días. Por la pendiente, se puede ver como existe un comportamiento lineal de la resistencia a compresión conforme avanzan los días en el caso del 55% de resina de poliéster en el concreto polimérico y un incremento mayor de resistencia a los 28 días.

4.2.3 Análisis Costo-Beneficio entre Concreto Polimérico $f'c= 510\text{kg/cm}^2$ y Concreto de Alta resistencia $f'c= 510\text{kg/cm}^2$

Una vez obtenida una resistencia promedio de 510.35 kg/cm^2 con el porcentaje de 55% de resina de poliéster se realizó un análisis de precios unitarios de concreto polimérico y uno de concreto tradicional de una resistencia de 510 kg/cm^2 como se ve en el Anexo F-1 y F-2 respectivamente, resultando el análisis que se muestra a continuación.

Gráfico 9. Comparación de precios Concreto tradicional Vs Concreto polimérico



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Análisis: El equipo y maquinaria que se emplea para fabricar concreto polimérico y concreto tradicional de alta resistencia es el mismo, en consecuencia, el precio también es el mismo. El equipo y maquinaria es en lo que menos recursos se emplean. La mano de obra para fabricar un m^3 de concreto es la misma en los dos casos, pues el proceso de elaboración es exactamente igual. La parte del presupuesto en la que existe una gran variación es en los materiales. Esto se debe al alto costo de la resina de poliéster, de hecho, duplica al valor de los materiales necesarios para obtener un concreto de alta resistencia con materiales convencionales que solo son cemento, agregados y aditivos.

4.3 Verificación de hipótesis

La hipótesis alternativa que se planteó en esta investigación es: “La resina de poliéster en el concreto polimérico incidirá en la obtención de una alta resistencia a compresión”.

Con el 45% de resina de poliéster la resistencia a compresión a los 21 días no alcanzó el límite inferior. Se observó que a los 28 días tampoco alcanzó la resistencia compresión del límite inferior.

Con el 50% de resina de poliéster la resistencia a compresión a los 21 días superó el límite superior pero no llegó a ser una alta resistencia, considerada a partir de los 500 kg/cm^2 según McCormac J. [11]. A los 28 días se observó igualmente que no se alcanzó una alta resistencia.

Con el 55% de resina de poliéster a los 21 días no se alcanzó una alta resistencia pero si superó el límite superior. A los 28 días se observó que si se logró una alta resistencia siendo de $510,35 \text{ kg/cm}^2$

En síntesis la hipótesis solo se cumplió a los 28 días con una adición del 55% de resina de poliéster en el concreto polimérico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se encontró al realizar el ensayo de granulometría que la muestra está bien gradada pues se encuentra dentro de los límites establecidos en NTE INEN 696.
- La densidad aparente suelta del agregado grueso es $1,32 \frac{kg}{dm^3}$ y la del agregado fino es $1,63 \frac{kg}{dm^3}$, mientras que la densidad compactada del agregado grueso es $1,40 \frac{kg}{dm^3}$ y la del agregado fino es $1,74 \frac{kg}{dm^3}$. La densidad máxima es $1,910 \frac{gr}{cm^3}$, mientras que la densidad óptima es de $1,895 \frac{gr}{cm^3}$. A partir de estos valores se procedió a realizar la dosificación.
- La densidad real del agregado fino es de $2,36 \frac{gr}{cm^3}$ y la del agregado grueso es de $2,50 \frac{gr}{cm^3}$. Según Medina S. [20] unos buenos agregados para el concreto deben superar la densidad de $2,60 \frac{gr}{cm^3}$, también afirma que es inadmisibles que la densidad sea menor a $2,30 \frac{gr}{cm^3}$. Se concluye que se trata de un agregado fino de calidad aceptable y un agregado grueso regular.
- La capacidad de absorción del agregado fino es 2,0% que se encuentra en el límite superior del rango normal que es de 0,2 al 2% [20]. La capacidad de absorción del agregado grueso es 2,50% que se encuentra dentro del nivel de absorción normal de 0.2 a 5% [20].
- Los resultados a compresión a los 21 días son: 123.81, 241.16 y $460.28 \frac{kg}{cm^2}$ con el 45, 50 y 55% respectivamente. A los 28 días 127.90, 256.20 y $510.35 \frac{kg}{cm^2}$ con el 45, 50 y 55% respectivamente. Con estos resultados se determinó que con tan solo incrementar 5% de resina de poliéster el resultado en la resistencia a compresión se duplicaba con respecto al anterior.
- El porcentaje óptimo de resina de poliéster en el concreto polimérico es de 55%, porque la resistencia alcanzada a los 28 días fue de $510,35 \frac{kg}{cm^2}$ catalogado según el autor J. McCormac [11] como un concreto de alta resistencia.

- La dosificación para alcanzar un concreto polimérico de 510.35 kg/cm² a los 28 días, es: 0.44 m³ de arena; 0.35 m³ de ripio; 226.67 kg de resina de poliéster acobaltada y 11.33 kg de Peróxido de Mek (C₈H₁₈O₆).
- Durante el amasado el concreto polimérico se adhirió rápido y fuertemente a la bandeja metálica que sirvió como superficie de trabajo y a herramientas manuales con gran rapidez, una vez realizado el ensayo de compresión las probetas no sufrieron grandes fisuras solo aplastamiento y además Por estas razones se concluye que podría emplearse como recubrimiento en tuberías, tanques y elementos de hormigón donde se necesite brindar alta resistencia con poco tiempo de fraguado, impermeabilidad, alta adherencia y protección ante agentes químicos como sales, ácidos y bases que erosionan al concreto tradicional.
- El análisis costo-beneficio del concreto polimérico y concreto de alta resistencia a compresión, ambos de 510 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ permite observar que el m³ de concreto polimérico tiene un costo total directo de \$745,42, mientras que el concreto de alta resistencia tiene un costo total directo de \$402,89 por lo que se concluye que este concreto polimérico se debe emplear en aplicaciones específicas a la hora de incluirlo en obras civiles para aprovechar sus beneficios descritos anteriormente. Además, al no necesitar curado se podría bajar el costo de la mano de obra en dicha etapa y no presentaría fisuración por retracción térmica ya que no contiene agua.

5.2 Recomendaciones

- Para obtener resultados confiables al realizar los ensayos de agregados es necesario seguir todas las indicaciones de las normas que se utilice y compararlos con resultados de investigaciones previas, pues estos valores son los parámetros necesarios para llevar a cabo la dosificación del concreto polimérico por el método de la densidad óptima.
- Al realizar la dosificación del presente trabajo experimental se lo realizó para un 110% de lo que se desea obtener pues siempre existen desperdicios y además así se puede enrasar los cilindros de manera adecuada, pero para producirse en grandes volúmenes se recomienda realizar un estudio de rendimiento de la mezcla.

- Se recomienda emplear agregados de densidad real mayor a $2,6 \frac{gr}{cm^3}$ para obtener una resistencia a compresión mayor, ya que la calidad de los agregados incide en la resistencia del concreto.
- Se recomienda utilizar mascarilla para protegerse olor intenso de la resina de poliéster y guantes para prevenir irritaciones en la piel al elaborar concreto polimérico.
- Se recomienda que en futuros trabajos experimentales se realice un análisis costo-beneficio exponiendo al concreto polimérico y al concreto tradicional a sales, ácido y bases para así demostrar las ventajas de usar este nuevo material.
- Realizar futuras investigaciones, haciendo un análisis comparativo de la permeabilidad de un concreto tradicional frente a la del concreto polimérico diseñado en el presente trabajo experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cánovas M., «Hormigones especiales,» de *Hormigón*, España, Garceta, 2013, p. 553.
- [2] B. C. S. S. Raman Bedi, «Hindawi,» 6 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.hindawi.com/archive/2013/948745/>. [Último acceso: 28 Septiembre 2017].
- [3] D. Van Gemert, E. Knapen, «Universidad Católica de Lovaina La Vieja,» 2006. [En línea]. Available: <https://bwk.kuleuven.be/mat/publications/internationalconference/2006-vangemert-cementconcrete-bauchemie.pdf>. [Último acceso: 5 12 2017].
- [4] J. Ramírez, «La múltiple Identidad del Hormigón,» *Informe de la construcción*, vol. 49, n° 454, p. 83, 1998.
- [5] Van Gemert, D., Beeldens, A., Knapen, E., «KU LEUVEN,» 2011. [En línea]. Available: <https://bwk.kuleuven.be/mat/publications/internationalconference/2004-vangemert-contribution-rilem.pdf>. [Último acceso: 16 11 2017].
- [6] F. Perez, «Universidad Iberoamericana de México,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014353/014353.pdf>. [Último acceso: 28 Octubre 2017].
- [7] Valencia M., Collazos P., Mina J., Toro E., «Caracterización fisiomecánica de concreto polimérico basado en resina de poliéster,» *Revista Científica Guillermo de Ockham*, vol. 8, n° 1, pp. 83-93, 2010.
- [8] E. Rogel, Determinación de las propiedades mecánicas de un material elaborado a base de resina de poliéster, grava y arena, con sustitución parcial y total del cemento, Ambato, 2017.
- [9] C.Lora, J. Ocampo, B. Valdez, M.Schorr, «Research Gate,» 2015. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Benjamin_Valdez_salas/publication/278677493_Deterioration_of_composite_materials/links/561cf6d408aecd1acb2b57.pdf. [Último acceso: 1 Octubre 2017].
- [10] Martinez G., Viguera E., «Researchgate,» 1 Diciembre 2009. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/links/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16. [Último acceso: 1 Octubre 2017].

- [11] McCormac J., Brown R., «Concretos de alta resistencia,» de *Diseño de Concreto reforzado*, México D.F., Alfaomega, 2011, pp. 18,19.
- [12] CONCRETO POLIMERICO PERÚ, «Ingeniería en Concreto polimérico,» 12 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.concretopolimericoperu.com/index.html>. [Último acceso: 6 Octubre 2017].
- [13] G. Gutiérrez, Notas Técnicas Hormigón Arquitectónico, Quito: Imprenta NOCIÓN, 2010.
- [14] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1762 Hormigón, definiciones y terminología, Quito: INEN, 2014.
- [15] Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 0872 Áridos para hormigón. Requisitos, Quito: INEN, 2011.
- [16] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 0696 Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso, Quito: INEN, 2011.
- [17] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 0858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos, Quito: INEN, 2010.
- [18] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 0857: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso, Quito: INEN, 2010.
- [19] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 0856: Áridos. Determinación de la densidad , densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino, Quito: INEN, 2010.
- [20] S. Medina, Hormigón, 1ra ed., Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- [21] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Aridos, Determinacion de la densidad, densidad relativa y absorcion del arido fino, Quito, 2010.
- [22] J. Porrero, Manual de concreto estructural, 1ra ed., Caracas: PAG Marketing Soluciones, 2014.

- [23] Universidad Técnica Particular de Loja, «Asentamiento en el hormigón fresco (Resumen ASTM C143),» 2011. [En línea]. Available: www.utpl.edu.ec/aci. [Último acceso: 27 12 2018].
- [24] Y. Gharagozlou, «INSTRON,» Resistencia a la compresión, 2015. [En línea]. Available: <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>. [Último acceso: 26 12 2017].
- [25] NRMCA, «National Ready Mixed Concrete Association (US),» 2010. [En línea]. Available: <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP35es.pdf>. [Último acceso: 26 12 2017].
- [26] IMCYC, «El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>. [Último acceso: 26 12 2017].
- [27] American society for testing and materials, «Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto,» de *Normas ASTM*, ASTM Internacional, 2017, p. 8.
- [28] G. Rivera, «Universidad del Cauca,» 2006. [En línea]. Available: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2006%20-%20Resistencia.pdf>. [Último acceso: 26 12 2017].
- [29] A. Padilla, «Segundo Congreso Internacional Poliformas plásticas,» de *Materiales compuestos en la construcción*, Acapulco, 2010.
- [30] Canal Construcción, «Canal construcción: Construir,» Hormigón Polímero, 2017. [En línea]. Available: <http://canalconstruccion.com/hormigon-polimero-polimerico.html>. [Último acceso: 18 12 2017].
- [31] T. Brown, *Química: la ciencia central*, Florida: Pearson, 2012.
- [32] Productos Sagrista, «Sagrista Products,» Resinas Poliéster para laminar, 2016. [En línea]. Available: <https://www.sagristaproducts.com/es/31-resinas-poliester-para-laminar>. [Último acceso: 25 12 2017].
- [33] T. Jandra, «Club de Vela Platja Llarga,» 2009. [En línea]. Available: http://usuaris.tinet.cat/jaranda/Poliester_archivos/Page396.htm. [Último acceso: 19 12 2017].

2017].

- [34] A. Gil, «Universidad EAFIT,» 30 03 2012. [En línea]. Available: <http://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/infraestructura/laboratorios/Documents/Guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>. [Último acceso: 25 12 2017].
- [35] F. Leiva, Nociones de metodología de investigación científica", Riobamba, 2015.
- [36] L. Herrera, Tutoría de la Investigación Científica, Ambato: Gráficas Corona, 2004.
- [37] IMCYC, «Instituto mexicano del cemento y del concreto,» 6 2016. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>. [Último acceso: 19 11 2017].
- [38] «Sagrista Products,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.sagristaproducts.com/es/31-resinas-poliester-para-laminar>. [Último acceso: 19 11 2017].
- [39] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 3124 Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio, Quito: INEN, 2010.
- [40] Concreto Polimérico Perú, Ingeniería en Concreto Polimérico, 2017. [En línea]. Available: <http://www.concretopolimericoperu.com/index.html>. [Último acceso: 11 12 2017].
- [42] Instituto Americano del Concreto, ACI 318-08, 2008.
- [43] U. D. ALICANTA, «<https://rua.ua.es>,» Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/25641/4/Tema%2004%20-%20Propiedades%20del%20hormig%C3%B3n.pdf>. [Último acceso: 05 enero 2017].
- [44] M. M. R. Proaño, TEMAS DE HORMIGÓN ARMADO, LATACUNGA : ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, 2010.
- [45] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Hormigón de cemento hidráulico, Determinación de la resistencia a compresión de especímenes de cilindros de hormigón, Quito, 2010.
- [46] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Hormigón de cemento hidráulico, Quito, 2011.

ANEXOS

A. Requisitos de gradación de los agregados

Anexo A-1: Requisitos de gradación del agregado fino

Anexo A-2: Requisitos de gradación del agregado grueso

B. Parámetros necesarios para realizar la dosificación

Anexo B-1: Cantidad de pasta según asentamiento en el hormigón

Anexo B-2: Relación A/C según resistencia a la compresión del hormigón

C. Ensayos realizados en agregados y cemento

Anexo C-1: Análisis granulométrico agregado fino

Anexo C-2: Análisis granulométrico agregado grueso

Anexo C-3: Densidad aparente compactada del agregado fino y grueso

Anexo C-4: Densidad aparente suelta del agregado fino y grueso

Anexo C-5: Densidad aparente compactada de la mezcla

Anexo C-6: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso

Anexo C-7 Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino

Anexo C-8 Densidad real del cemento

D. Tablas de dosificación al peso

Anexo D-1. Tabla resumen de dosificación

Anexo D-2. Dosificación para 1 m³ concreto polimérico

Anexo D-32. Dosificación para 5 cilindros de concreto polimérico

E. Tablas para elaboración de probetas para ensayo de compresión

Anexo E-1: Número de capas requeridas para las probetas

Anexo E-2: Diámetro de varilla y número de golpes/capa a ser usados en el moldeado de probetas de ensayo

F. Análisis de precios unitarios de Concreto Polimérico y Concreto de Alta resistencia

f'c= 510kg/cm²

Anexo F-1. Análisis de precios Unitarios Concreto de Alta resistencia f'c=510kg/cm²

Anexo F-2. Análisis de precios Unitarios Concreto Polimérico f'c=510kg/cm²

G. Archivo fotográfico

ANEXO A

REQUISITOS DE GRADACIÓN

DE LOS AGREGADOS

Anexo A-1: Requisitos de gradación del agregado fino

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μ m	25 a 60
300 μ m	10 a 30
150 μ m	2 a 10

Fuente: NTE INEN 0872 (2011). Áridos para hormigón: Requisitos

Anexo A-2: Requisitos de gradación del agregado grueso

(1) TAMIZ INEN (aberturas cuadradas) (mm)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN INDICADOS EN LA COLUMNA (1) PARA SER CONSIDERADO COMO ARIDO GRUESO DE GRADO:									
	90 - 37,5 mm	63 - 37,5 mm	53 - 4,75 mm	37,5 - 4,75 mm	26,5 - 4,75 mm	19 - 4,75 mm	13,2 - 4,75 mm	9,5 - 2,36 mm	53 - 26,5 mm	37,5 - 19 mm
106	100									
90	90 - 100									
75		100								
63	25 - 60	90 - 100	100						100	
53		35 - 70	95 - 100	100					90 - 100	100
37,5	0-15	0-15		95 - 100	100				35 - 70	90 - 100
26,5			35 - 70		95 - 100	100			0-15	20 - 55
19	0-5	0-5		35-70		90-100	100			0-15
13,2			10 - 30		25 - 60		90 - 100	100	0-5	
9,5				10 - 30		20 - 55	40 - 70	85 - 100		0-5
4,75			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30		
2,36					0-5	0-5	0-5	0-10		
1,18							0-5	0-5		

Fuente: NTE INEN 0872 (2011). Áridos para hormigón: Requisitos

ANEXO B

PARÁMETROS NECESARIOS

PARA REALIZAR LA

DOSIFICACIÓN

Anexo B-1: Cantidad de pasta según asentamiento en el hormigón

Asentamiento (cm)	Cantidad de Pasta CP
0 – 3	POV + 2% + 3%(POV)
3 – 6	POV + 2% + 6%(POV)
6 – 9	POV + 2% + 8%(POV)
9 – 12	POV + 2% + 11%(POV)
12 – 15	POV + 2% + 13%(POV)

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito (2010).

Anexo B-2: Relación A/C según resistencia a la compresión del hormigón

f'c a los 28 días de edad (kg/cm ²)	Relación A/C
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

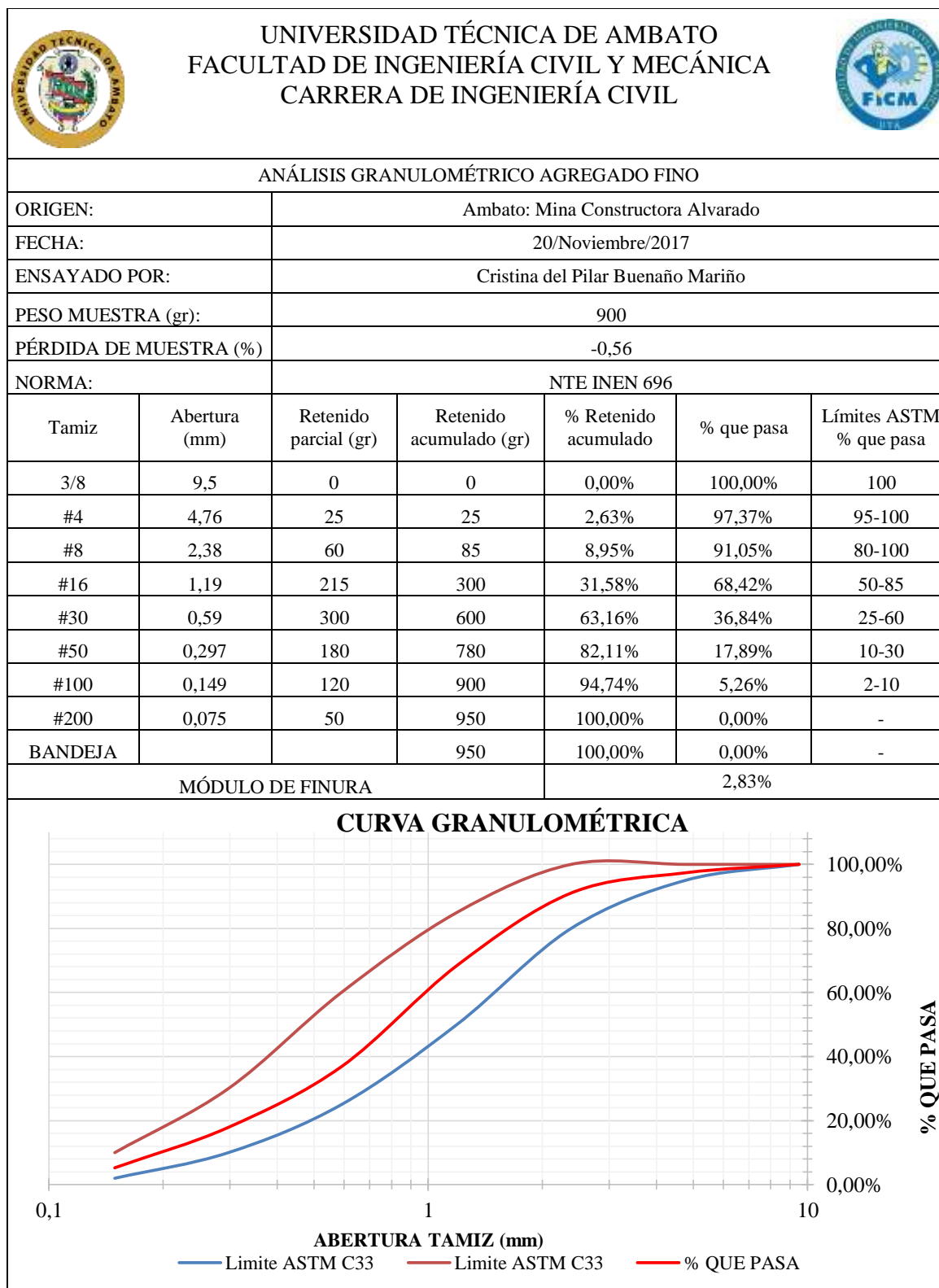
Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito (2010).

ANEXO C

ENSAYOS REALIZADOS EN

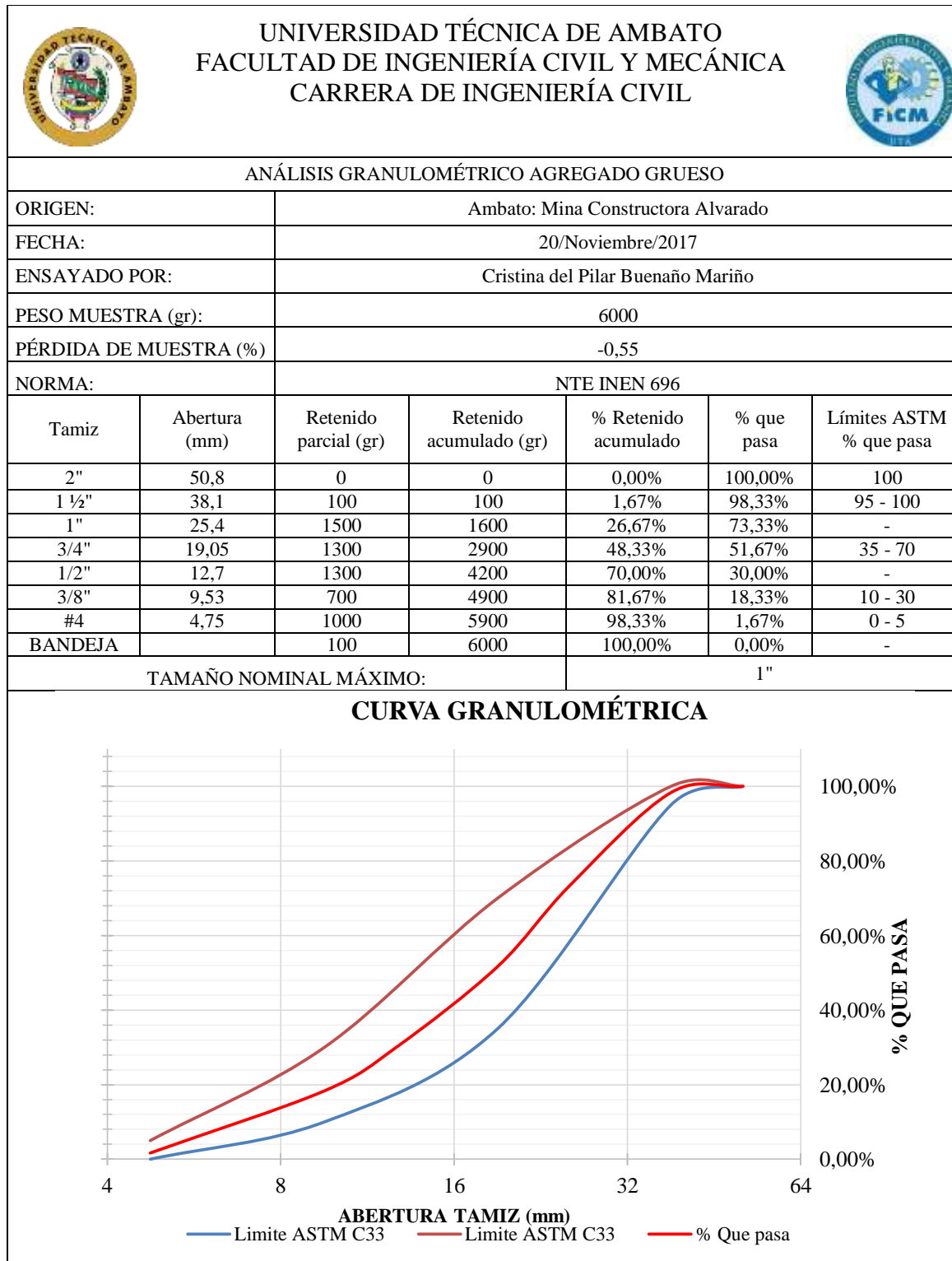
AGREGADOS Y CEMENTO

Anexo C-1: Análisis granulométrico agregado fino



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-2: Análisis granulométrico agregado grueso




Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-3: Densidad aparente compactada del agregado fino y grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	Ambato: Mina Constructora Alvarado			
NORMA:	INEN 858			
FECHA:	21/Noviembre/2017			
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):	20,24			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm ³)	Peso Unitario Promedio (kg/dm ³)
GRUESO	38,00	28,10	1,39	1,40
	38,60	28,70	1,42	
FINO	44,90	35,00	1,73	1,74
	45,20	35,30	1,74	

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-4: Densidad aparente suelta del agregado fino y grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	100			
NORMA:	INEN 858			
FECHA:	21/Noviembre/2017			
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,9			
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):	20,23			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm ³)	Peso Unitario Promedio (kg/dm ³)
GRUESO	36,40	26,50	1,31	1,32
	36,70	26,80	1,32	
FINO	42,80	32,90	1,63	1,63
	42,90	33,00	1,63	

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-5: Densidad aparente compactada de la mezcla

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm ³)	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	38,00	28,00	1,38	1,40
					38,60	28,60	1,41	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	41,40	31,40	1,55	1,55
					41,40	31,40	1,55	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	45,20	35,20	1,74	1,74
					45,40	35,40	1,75	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	46,90	36,90	1,82	1,80
					46,00	36,00	1,78	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	47,80	37,80	1,87	1,86
					47,60	37,60	1,86	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	48,60	38,60	1,91	1,91
					48,80	38,80	1,92	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	48,20	38,20	1,89	1,89
					48,30	38,30	1,89	



Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

El gráfico muestra una curva de densidad aparente promedio (kg/cm³) en función del porcentaje óptimo de la mezcla (%). La densidad aumenta desde 1,40 kg/cm³ a 0,00% hasta un punto óptimo de 1,91 kg/cm³ a 55,00%. Después de este punto, la densidad comienza a disminuir. Se indican líneas para el porcentaje máximo (50,00%) y el porcentaje óptimo (55,00%).

Porcentaje máximo de agregado fino (%)	50,00%
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	50,00%
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	55,00%
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	45,00%
Peso unitario máximo (gr/cm ³)	1,910
Peso unitario óptimo (gr/cm ³)	1,895



Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-6: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
ORIGEN:	Ambato: Mina Constructora Alvarado		
NORMA:	NTE INEN 857		
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño		
FECHA:	22/Noviembre/2017		
NORMA:	NTE INEN 857		
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1191,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1059,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	4823,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3252,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm ³	1,00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	3632,00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2193,00
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm ³	1439,00
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm ³	2,52
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M7	Masa del recipiente	gr	31,80 30,70
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	157,00 173,50
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	125,20 142,80
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	154,60 170,10
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	122,80 139,40
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,85 2,34
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,00

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-7 Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
ORIGEN:	Ambato: Mina Constructora Alvarado		
NORMA:	NTE INEN 857		
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño		
FECHA:	22/Noviembre/2017		
NORMA:	NTE INEN 857		
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	gr	150,30
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	379,80
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	781,40
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	401,60
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	648,70
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	498,40
DA=M6/500cm3	Densidad del agua	gr/cm3	1,00
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	96,80
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	229,50
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm3	97,11
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm3	2,36
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M7	Masa del recipiente	gr	26,30 23,80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	118,50 94,50
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	92,20 70,70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	110,60 88,50
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	90,05 68,90
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,39 2,61
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,50

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo C-8 Densidad real del cemento



 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
TIPO:		PORTLAND IP		
NORMA:		NTE INEN 156		
ENSAYADO POR:		Cristina del Pilar Buenaño Mariño		
FECHA:		22/Noviembre/2017		
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	159,60	152,70
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	409,60	334,30
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	709,20	652,40
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	299,60	318,10
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	528,40	520,30
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	368,80	367,60
DG=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0,74	0,74
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	69,20	49,50
M _C =M2-M1	Masa del cemento	gr	250,00	181,60
V _G =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm ³	93,82	67,33
DRC=M _C /V _G	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2,66	2,70
	Densidad real promedio	gr/cm ³	2,68	

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

ANEXO D



**TABLAS DE
DOSIFICACIÓN AL PESO**

Anexo D-1. Tabla resumen de dosificación



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
TABLA RESUMEN DE DOSIFICACIÓN					
MÉTODO:	Densidad Óptima				
ENSAYADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño				
DATOS DE ENSAYO			CÁLCULOS		
f'c	210	Kg/cm ²	DRAg	2.432	kg/dm ³
Asentamiento	7	cm	POV	22.08	%
W/C	0.58		CP	258.47	dm ³
CP en %	%POV +2% + 8%POV		CANTIDAD EN kg por m ³		
DRC	2.68	kg/dm ³	C	271.18	Kg
DRA	2.36	kg/dm ³	W	157.28	Lt
DRR	2.52	kg/dm ³	A	962.50	Kg
POA	55	%	R	840.89	Kg
POR	45	%			
DOAg	1.895	kg/dm ³			
DOSIFICACIÓN AL PESO					
W	0.58				
C	1				
A	1.96				
R	3.43				

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

Anexo D-2. Dosificación para 1 m³ concreto polimérico

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DOSIFICACIÓN PARA 1 m³ CONCRETO POLIMÉRICO					
MÉTODO:	Densidad Óptima				
REALIZADO POR:	Cristina del Pilar Buenaño Mariño				
CANTIDAD EN kg por m³ PARA CONCRETO f'c= 210 kg/cm²					
C	271.18	Kg			
W	157.28	L			
A	962.5	Kg			
R	840.89	Kg			
CANTIDAD DE PASTA (CEMENTO+AGUA)	428.46	Kg			
SUSTITUCIÓN PASTA DE CEMENTO POR RESINA + MEZCLA DE AGREGADOS					
	45	50	55	%	
RESINA	192.81	214.23	235.65	Kg	
Arena+Ripio	235.65	214.23	192.81	Kg	
Arena (55%)	129.61	117.83	106.04	Kg	
Ripio (45%)	106.04	96.40	86.76	Kg	
CANTIDAD EN kg por m³ PARA CONCRETO POLIMÉRICO					
	45	50	55	%	
A	1092.11	1080.33	1068.54	Kg	
R	946.93	937.29	927.65	Kg	
RESINA	192.81	214.23	235.65	Kg	
PERÓXIDO DE MEK (AL 5%)	96.40	107.12	117.83	Kg	

Anexo D-3. Dosificación para 5 cilindros de concreto polimérico

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DOSIFICACIÓN PARA 5 CILINDROS DE CONCRETO POLIMÉRICO						
MÉTODO:			Densidad Óptima			
REALIZADO POR:			Cristina del Pilar Buenaño Mariño			
CILINDROS						
MATERIAL		UNIDAD	PORCENTAJES DE RESINA DE POLIÉSTER			
			45%	50%	55%	
ARENA		Kg	9,44	9,33	9,24	
RIPIO		Kg	8,18	8,10	8,01	
RESINA DE POLIÉSTER		Kg	1,67	1,85	2,04	
PERÓXIDO DE MEK		Kg	0,08	0,09	0,10	

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

ANEXO E

TABLAS PARA

ELABORACIÓN DE

PROBETAS PARA ENSAYO DE

COMPRESIÓN

Anexo E-1: Número de capas requeridas para las probetas

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de consolidación	Número de capas aproximadamente Igual espesor
Cilindros Diámetro, mm (pulg)		
75 o 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta 225 (9)	varillado	2
Prismas y cilindros horizontales de flujo plástico: Espesor, mm (pulg)		
hasta 200 (8)	varillado	2
más de 200 (8)	varillado	3 o más
hasta 200 (8)	varillado	1
más de 200 (8)	varillado	2 o más

Fuente: NTE INEN 3124 (2011). Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.

Anexo E-2: Diámetro de varilla y número de golpes/capa a ser usados en el moldeado de probetas de ensayo

Cilindros		
Diámetro de cilindro, mm (pulg)	Diámetro de varilla, mm (pulg)	Número de golpes/capa
75 (3) hasta < 150 (6)	10 ± 2 ($3/8 \pm 1/16$)	25
150 (6)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	25
200 (8)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	50
250 (10)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	75
Vigas y prismas		
Area de la superficie superior del espécimen, cm ² (pulg ²)	Diámetro de varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
160 (25) o menos	10 ± 2	25
165 a 310 (26 a 49)	10 ± 2	Uno por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de superficie
320 (50) o más	16 ± 2	Uno por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de superficie
Cilindros de flujo plástico horizontales		
Diámetro de cilindro mm (in)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes/capa
150 (6)	16 ± 2 ($5/8 \pm 1/16$)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: NTE INEN 3124 (2011). Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.

ANEXO F

ANÁLISIS PRECIOS



UNITARIOS DE CONCRETO

POLIMÉRICO Y CONCRETO

DE ALTA RESISTENCIA

$f'_c = 510 \text{kg/cm}^2$

Anexo F-1. Análisis de precios Unitarios Concreto de Alta resistencia $f'c=510\text{kg/cm}^2$

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:	DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA $f'c=510\text{kg/cm}^2$				
UNIDAD:	m ³				
FECHA:	7/01/2018				
Equipo y maquinaria (M)					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D=CxR
Concretera	1,00	45,00	5,63	1,00	5,63
Vibrador	1,00	25,00	3,13	1,00	3,13
Herramienta menor(5.00%MO)					1,39
Subtotal M					10,14
Mano de obra (N)					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D=CxR
Maestro Ma.Ob.Civ. (Estr.Oc.C1)	1,00	3,82	3,82	1,00	3,82
Peón (E.Ocup.E2)	5,00	3,41	17,05	1,00	17,05
Albañil (E. Ocup. D2)	2,00	3,45	6,90	1,00	6,90
Subtotal N					27,77
Materiales (O)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento puzolánico tipo IP	kg	515,31	0,18	92,76	
Arena	m ³	0,37	11,00	4,07	
Ripio N°67	m ³	0,65	13,00	8,45	
Agua de mezclado	m ³	0,19	2,00	0,38	
Aditivo Microsilíce	kg	77,00	2,68	206,36	
Aditivo plastificante	Lt	13,41	3,95	52,97	
Subtotal O					364,99
Transporte (P)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Incl. En materiales					
				Total costo directo (M+N+O+P)	
				Indirectos %	0,16
				Utilidad%	0,08
				Costo total del rubro	
				Valor ofertado	
				499,59	
Elaborado por: Srta. Cristina Buenaño Ambato, Enero/ 2018			Son: Cuatrocientos noventa y nueve dólares con cincuenta y nueve centavos ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		

Fuente: Dosificación: J. Chiluisa “Hormigones de alta resistencia ($f'c = 50\text{mpa}$) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento Armaduro especial- Lafarge” Universidad Central del Ecuador. Quito(2014)

Anexo F-2. Análisis de precios Unitarios Concreto Polimérico $f_c=510\text{kg/cm}^2$





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:	DETERMINACIÓN DE UN PORCENTAJE DE RESINA DE POLIÉSTER EN UN CONCRETO POLIMÉRICO PARA ALCANZAR UNA ALTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA $f_c=510\text{kg/cm}^2$				
UNIDAD:	m ³				
FECHA:	7/01/2018				
Equipo y maquinaria (M)					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Concretera	1,00	45,00	5,63	1,00	5,63
Vibrador	1,00	25,00	3,13	1,00	3,13
Herramienta menor(5.00%MO)					1,39
Subtotal Equipo y Maquinaria					10,14
Mano de obra (N)					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro Ma.Ob.Civ. (Estr.Oc.C1)	1,00	3,82	3,82	1,00	3,82
Peón (E.Ocup.E2)	5,00	3,41	17,05	1,00	17,05
Albañil (E. Ocup. D2)	2,00	3,45	6,90	1,00	6,90
Subtotal Mano de Obra					27,77
Materiales (O)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Arena	m ³	0,44	11,00	4,84	
Ripio	m ³	0,35	13,00	4,55	
Resina de poliéster acobaltada	kg	226,67	2,75	623,34	
Peróxido de Mek	kg	11,33	6,60	74,78	
Subtotal Materiales					707,51
Transporte (P)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Incl. En materiales					
				Total costo directo (M+N+O+P)	745,42
				Indirectos %	16,00%
				Utilidad%	8,00%
				Costo total del rubro	924,32
				Valor ofertado	924,32
Elaborado por: Srta. Cristina Buenaño Ambato, Enero/ 2018			Son: Novecientos veinte y cuatro dólares con treinta y dos centavos ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		

Fuente: Cristina del Pilar Buenaño Mariño

ANEXO H

ARCHIVO FOTOGRAFICO

<p style="text-align: center;">Fotografía N°1</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°2</p>
	
<p>Detalle: Tamizado del agregado grueso</p>	<p>Detalle: Muestra para determinar la densidad aparente del agregado grueso</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía N°3</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°4</p>
	
<p>Detalle: Muestra para la Densidad real del agregado fino</p>	<p>Detalle: Canastilla para determinar la densidad real del agregado grueso</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía N°5</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°6</p>
	
<p>Detalle: Mezcla del agregado fino y grueso</p>	<p>Detalle: Adición de resina de poliéster</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía N°7</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°8</p>
	
<p>Detalle: Concreto con el 45% de resina de poliéster</p>	<p>Detalle: Concreto con el 50% de resina de poliéster</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía N°9</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°10</p>
	
<p>Detalle: Concreto con el 55% de resina de poliéster</p>	<p>Detalle: Cilindros con diferentes porcentajes de resina</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía N°11</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N°12</p>
	
<p>Detalle: Cilindro con el 45% de resina de poliéster</p>	<p>Detalle: Cilindro con el 50% de resina de poliéster</p>

<p align="center">Fotografía N°13</p>	<p align="center">Fotografía N°14</p>
	
<p>Detalle: Cilindro con el 55% de resina de poliéster</p>	<p>Detalle: Muestras para ensayo de compresión</p>
<p align="center">Fotografía N°15</p>	<p align="center">Fotografía N°16</p>
	
<p>Detalle: Ensayo a compresión</p>	<p>Detalle: Falla a compresión</p>

