

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN EN CONCRETOS CON
RESISTENCIAS DE 3000 PSI CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE QUÍMICO
(EQS)**



ANDRADE LÓPEZ GINA MARCELA

ARIAS OSORIO FAISURY

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

MOCOA - PUTUMAYO

2023

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN EN CONCRETOS CON
RESISTENCIAS DE 3000 PSI CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE QUÍMICO
(EQS)**



AUTORES:

ANDRADE LÓPEZ GINA MARCELA

ARIAS OSORIO FAISURY

Trabajo de grado tipo INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO:

Ingeniero Civil. FRANCISCO JAVIER URRUTIA GOMEZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

MOCOA PUTUMAYO

2023

Dedicatoria.

Agradecemos a Dios por darnos la fortaleza y sabiduría para culminar este importante proyecto en nuestra vida. A nuestros padres, gracias por estar presentes en los momentos cuando sentíamos que desfallecíamos, gracias.

A mis hermanas, por ser mi ejemplo de superación y por estar siempre a mi lado en cada paso que he dado. Gracias por su amor incondicional.

Queremos agradecer a las personas que nos estuvieron brindando la mejor orientación posible, los docentes, estos han aprendido de sus antecedentes y experiencias a lo largo de sus carreras académicas. El Instituto Tecnológico del Putumayo - ITP, por brindarnos la oportunidad de formarnos como ingenieras civiles. Agradecemos a todos los docentes y personal administrativo por su dedicación y compromiso con nuestra educación.

Al ingeniero Javier Urrutia, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Gracias por su paciencia, sabiduría y orientación constante.

El ingeniero Mauricio Revelo, por su valiosa orientación y asesoramiento, fue fundamental para la formulación de este trabajo. Agradezco su disposición para resolver nuestras dudas y su compromiso con nuestra formación profesional.

Expresamos nuestra gratitud a nuestros amigos y compañeros de estudio. Gracias por su apoyo, motivación y por compartir con nosotras momentos inolvidables durante esta etapa de nuestra vida. A todas ustedes, nuestro más sincero agradecimiento. Sin su apoyo y confianza, este logro no hubiera sido posible. Cada una de ustedes ha dejado una huella imborrable en nuestra formación como ingenieras civiles.

Agradecimientos.

Al Instituto tecnológico del putumayo – ITP y la facultada de ingeniería y ciencias básicas, por abrimos las puertas para vincularnos como estudiantes, donde pudimos ampliar nuestras habilidades en los ámbitos personales e intelectuales.

Al magíster e ingeniero Civil Mauricio Revelo, por su colaboración constante para formular esta propuesta de investigación para modalidad de grado de tesis.

Al ingeniero Civil Javier Urrutia por su dedicación, apoyo y confianza como asesor académico, quien no solo fue un asesor académico sino también un amigo en este proceso investigativo.

Al Geotecnólogo Walter Cortés Ortiz por su disposición para enseñar de su experiencia, gracias por su amabilidad y compromiso para con nosotras.

Al Ingeniero Civil Uldarico Lozada Quiroz por su disposición de brindarnos el aditivo Geossil para llevara a cabo el desarrollo de esta investigación.

Tabla de contenido

Resumen.	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Planteamiento del problema.	12
1. Hipótesis.	13
2. Pregunta de Investigación.....	13
3. Justificación en Términos de Necesidades y Pertinencia.	13
4. Objetivos.....	14
4.1 Objetivo General.....	14
4.2 Objetivos Específicos.....	14
5. Marco Teórico.	15
6. Marco Conceptual.....	23
7. Marco Normativo.	27
8. Marco Contextual.	29
8.1 Localización.....	29
9. Diseño de mezcla para el concreto por el método A.C.I	31
9.1 Selección del asentamiento.....	31
9.2 Determinación del tamaño máximo nominal.....	33
9.3 Determinación del tamaño máximo.....	33

9.4	Estimación del agua de mezcla.	33
9.5	Resistencia a compresión de la mezcla de concreto (F'_{cr}).....	34
9.6	Selección de la relación agua/cemento (A/C).....	36
9.6.1	Por resistencia.....	36
9.6.2	Por durabilidad	37
9.7	Cálculo del contenido de cemento y aditivo.	39
9.7.1	Contenido de cemento.	39
9.7.2	Contenido de aditivo.....	40
9.8	Cálculo del contenido de los agregados.....	41
9.8.1	Ajuste granulométrico.	41
9.9	Proporciones iniciales en masa (masa seca de agregados).	47
9.10	Primera mezcla de prueba.	48
9.10.1	Ajuste por asentamiento.....	48
9.11	Segunda mezcla de prueba.	48
9.11.1	Ajuste por resistencia.....	49
9.12	Tercera mezcla de prueba.....	49
10.	Metodología.....	49
10.1	Tamaño de la muestra.	52
10.2	Muestras de estudio.....	55
10.3	Etapas 1 – Mezcla de concreto.	56
10.3.1	Diseño de mezcla del concreto de 3000 Psi sin y con aditivo EQS.....	59

10.3.2	Acopio del material.....	97
10.3.3	Mezcla del concreto con resistencia de 3000 psi.....	98
10.3.4	Toma de muestra de concreto fresco.....	100
10.3.5	Elaboración de cilindros.....	105
10.3.6	Curado del concreto.....	107
10.3.7	Marcado de las muestras.....	108
10.4	Etapa 2 - Resultados.....	109
10.4.1	Resultados - Ensayo a compresión en edad de 7, 14 y 28 días.....	110
10.5	Etapa 3 - Análisis de resultados.....	147
10.5.1	3.2 Análisis de costos de producción.....	155
11.	Conclusiones.....	160
12.	Recomendaciones.....	162
13.	Referencias bibliográficas.....	163
14.	Lista de tablas.....	167
15.	Lista de imágenes.....	171
16.	Lista de ecuaciones.....	172
17.	Lista de figuras.....	173
18.	Lista de graficas.....	173
19.	Anexos.....	174
19.1	Registro Fotográfico.....	175

Resumen.

La vida útil de las estructuras en concreto se ve afectada en el proceso posterior a la construcción por falta de mantenimiento rutinario, la lluvia, la temperatura entre otros, y en su proceso constructivo por calidad de los materiales, por su relación A/C utilizada en el proceso de mezclado, debido a esto, su resistencia a la cual fue diseñada inicialmente se ve afectada por el deterioro del concreto; De modo que, la investigación desarrollada se basó en los efectos que tiene el estabilizante químico para suelos EQS en el concreto, analizando el comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición en porcentajes del estabilizante químico (EQS).

En ese sentido, se desarrolló una metodología que comprendió las siguientes acciones: en primer lugar, se realizó el diseño de mezcla de concreto para resistencia de 3000 psi, teniendo en cuenta características como la humedad, densidad, granulometría, relación A/C, peso unitario, dosificaciones en peso y volumen, dosificación aditiva (EQS).

Posteriormente, se realizaron los ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión del concreto en fraguado normal; Se realizaron los ensayos de compresión a 7, 14, y 28 días para cada una de las muestras. En donde la resistencia a compresión a los 28 días alcanzada por la muestra uno (1) sin aditivo fue de 3212,26 Psi, la muestras dos (2) con 125cc de aditivo por 50kg de cemento dio una resistencia de 2660,25 Psi, la muestra tres (3) con 60cc por 50kg de cemento dio una resistencia de 2769,28 Psi, la muestra cuatro (4) con 30cc por 50kg de cemento dio una resistencia de 3394,53 Psi, otra parte.

Se logró evidenciar que este aditivo funciona como plastificante logrando realizar unas reducciones de agua entre el 9% y 11%.

Abstract.

The useful life of concrete structures is affected in the post-construction process by the lack of routine maintenance, rain, temperature, among others, and in the construction process by the quality of the materials, by the A/C ratio used in the mixing process, due to this, the resistance to which it was initially designed is affected by the deterioration of the concrete; Therefore, the research developed was based on the effects of the chemical stabilizer for soils EQS on concrete, analyzing the compressive behavior in concrete with strengths of 3000 psi and the addition in percentages of the chemical stabilizer (EQS).

In this sense, a methodology was developed that included the following actions: first, the design of a concrete mix for a 3000 psi resistance was carried out, taking into account characteristics such as humidity, density, granulometry, A/C ratio, unit weight, dosages in weight and volume, additive dosage (EQS).

Subsequently, laboratory tests were carried out to determine the compressive strength of the concrete in normal setting; compression tests were performed at 7, 14, and 28 days for each of the samples. The compressive strength at 28 days reached by sample one (1) without additive was 3212.26 Psi, sample two (2) with 125cc of additive per 50kg of cement gave a strength of 2660.25 Psi, sample three (3) with 60cc per 50kg of cement gave a strength of 2769.28 Psi, sample four (4) with 30cc per 50kg of cement gave a strength of 3394.53 Psi, another part.

It was evidenced that this additive works as a plasticizer, achieving water reductions between 9% and 11%.

Introducción.

El concreto es un material de construcción ampliamente utilizado que se compone de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso y en algunas ocasiones aditivos. Los aditivos son materiales que se agregan al concreto para mejorar sus propiedades, como la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad. Sin embargo, la presencia de aditivos puede afectar el comportamiento del concreto y es importante comprender estos efectos para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras de concreto.

En esta investigación, discutiremos el diseño de mezclas de concreto para pruebas de laboratorio para identificar cambios en el concreto con la presencia de aditivos, con un enfoque en el análisis del comportamiento del concreto con una resistencia a la compresión de 3000 psi al agregar un estabilizador químico para suelos EQS.

El diseño de mezclas de concreto implica seleccionar las proporciones apropiadas de cemento, agua, agregados y aditivos para lograr las propiedades deseadas del concreto. Las normas técnicas colombianas (NTC 396 a la NTC 4025), proporcionan pautas para diseñar mezclas de concreto, incluido el uso del método de diseño de mezclas. Este método implica determinar la relación agua-cemento y la relación agregado-cemento para lograr las propiedades deseadas del concreto.

En concreto, la presencia de aditivos puede afectar el comportamiento del concreto y es importante identificar estos cambios para asegurar que el concreto cumpla con las

especificaciones deseadas. Una forma de identificar cambios en el concreto con aditivos es realizar pruebas de laboratorio en el concreto fresco y endurecido. Las pruebas más comunes para concreto fresco son la prueba de asentamiento y la prueba de contenido de aire, que miden la trabajabilidad y el contenido de aire del concreto, respectivamente.

Las pruebas más comunes para el hormigón endurecido son la prueba de resistencia a la compresión mientras que el concreto fresco debe ser probado por su trabajabilidad y contenido de aire, la prueba de resistencia a la flexión y la prueba de durabilidad, que miden la resistencia y la durabilidad del hormigón, en este estudio se realizará la prueba a compresión, durabilidad y trabajabilidad cuando se le agrega el estabilizador químico EQS con el fin de mejorar el desempeño del concreto.

Las pruebas de laboratorio sirven para identificar cambios en el concreto con la presencia de aditivos. Al comprender los efectos de los aditivos en el comportamiento del concreto, podemos garantizar que se mantengan la calidad y la seguridad de las estructuras de concreto. El análisis del comportamiento del hormigón con estabilizador EQS es un ejemplo del tipo de investigación que se puede realizar para mejorar el comportamiento del hormigón.

Planteamiento del problema.

Esta investigación se realizó debido a que surge la necesidad de experimentar si el estabilizante químico EQS coadyuda o no en la resistencia del concreto para la construcción de estructuras ayudando a mejorar así la durabilidad y previniendo a la estructura de exposición a agentes externos, en donde se buscó establecer la cantidad adecuada de aditivo para que no se vea afectada negativamente la trabajabilidad y resistencia del concreto.

El estabilizante químico EQS es utilizado como refuerzo de suelos en carreteras, lleva como nombre químico Emulsión acuosa a base de silanos, y como nombre comercial GEOSSIL, el cual es un material hidrófugo y evita que la humedad y el agua se filtre para que no ocasione daños en los suelos de las carreteras, de esta manera se pretende experimentar este estabilizante químico en los concretos con resistencias de 3000 psi, analizando así su comportamiento a compresión.

La vida útil de las estructuras en concreto se ve afectada por factores que afectan su desempeño y durabilidad del hormigón, factores como, exposición a agentes químicos, curado y compactación del concreto, relación agua/cemento, debido a esto en el sector de la construcción se implementa el uso de aditivos para así poder mejorar el desempeño de la vida útil del concreto.

Se toma la decisión de usar un concreto con resistencia de 3000 psi debido a que, en la oficina de la Secretaria de Planeación y Obras Públicas Municipal, de la alcaldía de Mocoa, a través de una solicitud para saber la resistencia de concretos más usadas en la construcción de edificaciones en Mocoa, ellos dieron como respuesta, se usa según los registros de planeación de las licencias de construcción aprobadas para edificaciones en Mocoa, una resistencia de 3000 psi generalmente.

Palabras claves.

Concreto, compresión y aditivo EQS.

1. Hipótesis.

En los procesos constructivos los estabilizantes químicos coadyudan con las propiedades finales en la fabricación de concreto.

2. Pregunta de Investigación

¿Los aditivos químicos modifican las características mecánicas del concreto?

3. Justificación en Términos de Necesidades y Pertinencia.

La siguiente tesis se justifica con el fin de conocer de manera experimental la influencia que puede tener el aditivo Geossil en el concreto, el cual es usado en la estabilización de suelos y ha tenido muy buenos resultados según la empresa Consultorías & construcciones civiles SAS.

Se espera que la influencia que pueda tener este aditivo sobre el concreto sea de manera positiva ya que sería una nueva alternativa para hidrofobizar los concretos y de un aporte importante para diferentes proyectos de investigación que se quieren realizar en base a este aditivo.

La hidrofobización de los concretos ahorraría en costos de reparación y mantenimiento para prevenir y contrarrestar las afectaciones causadas en las estructuras civiles por la humedad.

Adicionalmente, a través de esta investigación con los resultados que se obtengan se podrán dar a conocer las ventajas y desventajas que tendría el uso de este aditivo en los concretos y realizar un análisis referente a su costo de producción en comparación con el concreto tradicional compuesto por arena, grava, cemento y agua.

4. Objetivos.

4.1 Objetivo General.

Analizar el comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición de estabilizante químico (EQS).

4.2 Objetivos Específicos.

Realizar diseño de mezcla de concreto en condiciones normales para resistencia de 3000 psi y con la adición de estabilizante químico (EQS).

Realizar los ensayos de laboratorio para determinar la resistencia del concreto a la compresión por métodos establecidos en la normativa colombiana.

Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concretos.

5. Marco Teórico.

Nieto, (2007), Demostró en su investigación realizada en Lima, Perú que los aditivos reductores de agua aumentan sus resistencias mecánicas en forma bastante significativa, sobre todo los llamados de tercera generación como el Sika ViscoCrete 1, con los cuales se llegan a resistencias a la compresión tan altas de 936.5 kg/cm² a los 28 días aproximadamente.

Los aditivos superplastificantes tienen rangos de reducción de agua que varían desde 0% hasta 32%, la reducción de agua es mayor lo cual produce aumento de la resistencia mecánica del concreto, sin modificar la trabajabilidad de la mezcla la cual fue buena. Siendo esto favorable para el medio ambiente, la calidad de la obra y para la economía de esta.

Reina, et al. (2010), A través de este estudio realizado en San salvador - Salvador, lograron determinar la influencia que tiene el aditivo superplastificante y cómo modifica la resistencia en estado fresco y endurecido de concretos con resistencias de 500 Kg/cm², 600 Kg/cm² y 650 Kg/cm². Determinado de manera satisfactoria el ensayo de revenimiento en estado fresco el cual cumplió con el rango de 5plg a 8plg establecido en la normativa ASTM; en estado endurecido logran observar un aumento en cada una de las mezclas hasta en un 22% de las resistencias establecidas según los diseños.

García (2011), Realizo Diseño de Mezcla de Concreto con resistencias $F'_c=280$ Kg/cm² utilizando aditivos para el fraguado y material de agregado grueso del río Huallaga y agregado fino del río Parapapura, de Tarapoto, Perú; determinando la viabilidad del diseño de mezcla con aditivos de manera favorable logrando alcanzar una resistencia de 280 Kg/cm², anteriormente sólo habían logrado obtener resistencias de 250kg/cm².

Ocampo y Macias (2015), realizaron un estudio a nivel nacional en Colombia de la influencia del aditivo better mix en el concreto en estado fresco, semi endurecido y endurecido, con el estudio que realizaron pudieron determinar que las características de la mezcla de concreto varían dependiendo el tipo de material utilizado, en donde el que más variación le genera al concreto es el cemento y la interacción que este tiene con el aditivo al momento de realizar la mezcla; De esta manera logran ratificar que las condiciones de una mezcla de concreto y el aditivo, pueden ser variables dependiendo qué tipos de materiales se utilicen en ella.

Armas (2016), Pimentel - Perú, analiza los efectos de la adición de fibras de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecánicas del hormigón hidráulico, donde utiliza diseños de mezclas convencionales con resistencias a la compresión de F'_c 175, 210 y 280 kg/cm² como comparación con mezclas con adiciones de fibra de polipropileno en pesos de 200, 300 y 400 g por m³ de hormigón. Proporcionando así información valiosa sobre los beneficios de la adición de fibra de polipropileno al hormigón hidráulico, específicamente en términos de mejora de sus propiedades plásticas y mecánicas, para desarrollar estructuras de hormigón más duraderas y fiables en el futuro.

Cabana, (2017), corroboró que la calidad, durabilidad y seguridad de una vía no pavimentada depende de las características físicas-mecánicas del suelo de su subrasante, estas características de estudio se realizaron a una vía ubicada en Paira - Wilcahuain, Huaraz - Perú; El valor del CBR obtenido inicialmente fue de 3.5% del suelo de la subrasante, esto le permitió saber su capacidad de soporte y con ello adecuar los materiales utilizados para el mejoramiento.

Para el mejoramiento realizó la utilización de cal como método de mejora para la subrasante; Con ello no solo modificó la capacidad de soporte del suelo, sino que también

permitió mejorar la calidad de la vía aumentando su CBR inicial del 3.5% al 12% con ello redujo en gran medida el mantenimiento rutinario. Pudiendo determinar que el uso de estabilizantes químicos como la cal es una solución efectiva para mejorar las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante de una carretera no pavimentada y aumentar su capacidad de soporte.

Lima (2017), Determinó que al momento de agregarle fibra de polipropileno a un concreto para una resistencia de $F'c$ 280Kg/cm², usando materiales de la cantera Yerbabuena Carabayllo lima - Perú, logró un aumento en su resistencia a la compresión y también con ello mejorar sus propiedades mecánicas alcanzando una resistencia de 350 kg/m². Con el estudio demostró que efectivamente la fibra de propileno es un material que se puede usar adicionalmente en concretos y que es útil al momento de querer mejorar la compresión.

Sarta y Silva, (2017). Con el fin de realizar el análisis del concreto se llevaron a cabo ensayos de tensión indirecta, compresión y flexión en las probetas a diferentes edades en Bogotá - Colombia, permitiendo determinar la resistencia del material en distintos momentos de su curado. Con ello pudieron comparar los resultados de los ensayos realizados en probetas de concreto simple y añadida de fibra de acero al 4% y 6%, a edades de 7, 14 y 28 días, estableciendo la influencia de la adición de fibra en la resistencia del concreto.

En los resultados de los ensayos que realizaron obtuvieron que las probetas de concreto con aumento de fibra de acero presentan mayores resistencias a la tensión indirecta y a la flexión, que las probetas de concreto simple, tanto al 4% como al 6% de aumento. En cambio, en los ensayos de compresión, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de concreto.

Del análisis estadístico de los resultados realizados confirma esta tendencia, mostrando una clara superioridad de las probetas de concreto con añadido de fibra de acero. En donde los

resultados de este estudio indicaron que la adición de fibra de acero al concreto mejoró significativamente su resistencia a la tensión indirecta y a la flexión, en un concreto de 3000Psi, este aumentó su resistencia en un 17.54% demostrando que puede tener importantes implicaciones para la construcción de estructuras resistentes y duraderas.

Agudelo y Espinosa, (2017). El propósito del estudio realizado en Bogotá, Colombia fue determinar las proporciones volumétricas para el diseño de mezclas de concreto con adición de cenizas volantes de termotubo. Además, se evaluaron el comportamiento mecánico de probetas de hormigón con cenizas volantes en comparación con la muestra patrón. Donde probaron la resistencia a la compresión de cilindros con diferentes porcentajes de ceniza volante a las edades de 7, 28, 56 y 72 días de curado.

Obtuvieron como resultado que el uso de cenizas volantes en las mezclas de concreto puede tener un impacto ambiental positivo. Sin embargo, la adición de cenizas volantes puede afectar las propiedades del hormigón, incluida su resistencia a la compresión ya que normalmente su resistencia máxima se obtiene a los 28 días y con la ceniza se obtendría a los 56 días. Al evaluar las proporciones volumétricas y el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto con cenizas volantes, pudieron determinar que el diseño de mezcla era óptimo para las prácticas de construcción sustentable.

Reategui (2018), Demostró la influencia del Aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante de una vía en Moyobamba - Perú, corroborando de manera satisfactoria que efectivamente dicho aditivo modifica las características físicas y mecánicas del suelo de manera una manera favorable y anexo que usar este aditivo sería más económico en comparación que realizar el mejoramiento del suelo con el uso de material granular.

Núñez y Mamani, (2018). El estudio se enfocó en determinar la resistencia a compresión del concreto F'_c 210 kg/cm² que tienen fibras de polipropileno y aditivos incorporados de

aire, donde fueron sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento. Obteniendo como resultados en los cuales indicaron que el uso de fibras de polipropileno y aditivos incorporados de aire mejoraron significativamente las propiedades del concreto, aumentando su resistencia a la compresión.

Se demostró que, aunque el hormigón con fibras de polipropileno y los aditivos incorporados de aire acabaron su resistencia a la compresión después de los ciclos de congelamiento, esta disminución fue mucho menor en comparación con el hormigón sin estas mejoras. Determinado que el uso de fibras de polipropileno y aditivos incorporados de aire en el concreto $F'c$ 210 kg/cm² mejoró significativamente las propiedades y redujo los daños por congelamiento y descongelamiento.

Carvajal y Cortes (2019), Con el diagnóstico realizado a los morteros de cemento en Bogotá- Colombia, pudieron identificar los problemas que impiden el aumento de la resistencia. Y con ello determinaron que el aditivo que logró un mayor aumento en la resistencia del mortero de cemento fue aditivo plastificante-acelerante (Sika ViscoCrete 10 HE). Permitiendo demostrar que el uso de este aditivo puede aumentar significativamente su resistencia. Aunque el uso de aditivos puede incrementar los costos estos se contrarrestan ya que pueden ser compensados con la reducción de costos en la mano de obra y la disminución del tiempo de construcción.

Moale y Rivera (2019). Para lograr la obtención de muestras de suelo cohesivo de la zona de Villa Rica en Lima - Perú y poder estudiar sus propiedades físicas y mecánicas. Realizaron los ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg y clasificaron las muestras de suelos por el método AASHTO y SUCS, donde esto les permitió elegir el método de precisión adecuado. Seguido a esto se realizó el ensayo de Proctor Modificado, el cual les permitió determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de los suelos muestreados.

Esto les permitió obtener el CBR del suelo en estado natural y también se muestreo con diferentes porcentajes de cal. Los suelos arcillosos que fueron mejorados con cal resultaron siendo una alternativa efectiva para su uso como subrasante en vías terrestres. Demostrando que la cal actúa como un aglutinante mejorando la cohesión y la resistencia del suelo. Pudiendo ratificar que el uso de la cal como estabilizador químico es una alternativa efectiva para el mejoramiento de suelos arcillosos y su uso como subrasante en vías terrestres.

Luque, (2019), determinó las propiedades mecánicas que mejoran el diseño de hormigones con una $F'c$ de 450 kg/cm mediante la adición de un aditivo fluidificante. Además, determinó la resistencia a la compresión del concreto con la adición del aditivo fluidificante y cómo el uso del aditivo afectó el diseño del concreto. Como resultado encontraron que la adición del aditivo fluidificante mejora la resistencia a la compresión del hormigón en un 20% y aumentó su trabajabilidad, facilitando su manipulación y colocación.

Además, el uso del aditivo fluidificante influyó en el diseño del hormigón. Permitió una reducción en la relación agua-cemento, dando como resultado un material más resistente, duradero y económico, también redujo la cantidad de cemento necesaria para lograr la misma resistencia, lo que hizo que el hormigón fuera más respetuoso con el medio ambiente. La adición de aditivos fluidificantes al concreto tiene un impacto significativo en sus propiedades mecánicas, proporcionando mayor resistencia, durabilidad y trabajabilidad.

Sosa, (2019), realiza su investigación sobre la incorporación de aditivos naturales en la producción del concreto, como el biopolímero extraído de *Pinus radiata*. Con esta investigación se pudo determinar la influencia de los porcentajes de biopolímero extraído de *Pinus radiata* en las propiedades del concreto recién mezclado, en la provincia de Huancayo – Junín.

Analizó la trabajabilidad, la incorporación de aire, la exudación y la resistencia a la compresión axial del hormigón con diferentes porcentajes de biopolímero. Los resultados obtenidos de las pruebas que realizó mostraron que la incorporación de biopolímero en el concreto mejora la trabajabilidad de este, permitiendo una mayor facilidad en la colocación y compactación del material. Asimismo, observó que la adición de polímero disminuye la exudación del concreto recién mezclado, lo que mejora su calidad y durabilidad.

En cuanto a la resistencia a la compresión axial del concreto, encontró que los porcentajes de biopolímero evaluados no mejoran significativamente a esta propiedad. El biopolímero extraído de *Pinus radiata* puede ser utilizado como un aditivo en la producción del concreto, mejorando su trabajabilidad y disminuyendo la exudación del material.

Nonajualca, (2020), el análisis realizado al aditivo SIKACEM impermeabilizante en Lima - Perú, demostró de manera satisfactoria que puede reducir significativamente la cantidad de espacios capilares y poros en el concreto, mejorando así su resistencia al agua y durabilidad.

Este aditivo actúa rellenando los espacios microscópicos del hormigón, lo que evita que el agua penetre en la superficie y cause daños. Los resultados mostraron que el concreto con el aditivo tenía una cantidad significativamente menor de espacios capilares y poros en comparación con el concreto sin el aditivo. El concreto al cual se le adiciona el aditivo presentó una mayor resistencia a la compresión y menores tasas de absorción de agua.

Pinedo (2021), Analizó la contracción del concreto en Maynas - Perú, corroborando que la relación agua/cemento disminuye significativamente la contracción, con esto, comprobó que las características que favorecen al concreto dependen específicamente del material con que se realice la mezcla y, por otra parte, pero no menos importante los aditivos utilizados.

Ortiz, et al (2021). El estudio que se realizó consistió en considerar la ceniza de cascarilla de café como aditivo, la cual es un subproducto que se genera durante la combustión del

residuo de café en las centrales térmicas que producen electricidad. Según esto, se evaluaron las propiedades físicas y químicas de la ceniza de cascarilla de café obtenida en Ibagué - Colombia, encontrado como resultado que su contenido de sílice y aluminio tienen propiedades que puede reaccionar con el hidróxido de calcio presente en los morteros y concretos hidráulicos, formando compuestos que mejoran su resistencia y durabilidad.

Para comprobar su estudio, realizaron pruebas comparativas de resistencia a la compresión entre muestras de mortero y concreto adicionando ceniza con muestras patrón elaboradas a diferentes días de fraguado. Obteniendo como resultado que la reducción de ceniza mejora significativamente la resistencia de las muestras de mortero y concreto hidráulico. La ceniza de cascarilla de café obtenida es un subproducto que puede ser utilizado como aditivo en la elaboración de morteros y concretos hidráulicos, mejorando sus propiedades, aumentando su resistencia, durabilidad y con ello se disminuye el impacto que se causa al medio ambiente.

Quintero y Herrera, (2021), llevaron a cabo un estudio en Ocaña, Colombia con el fin describir las generalidades del uso de aditivos reductores de agua o superplastificantes de alto rango en las mezclas de concreto. Encontraron que la dosificación debe optimizarse para lograr la trabajabilidad y manejabilidad del concreto obteniendo las resistencias deseadas del hormigón. Recalcan como fundamental seguir las instrucciones del fabricante y las recomendaciones de dosificación para evitar efectos adversos en las propiedades del hormigón.

El uso de aditivos reductores de agua o superplastificantes de alto rango en las mezclas de concreto es una forma efectiva de mejorar la trabajabilidad y el desempeño del concreto. La dosificación y el tipo de superplastificante deben seleccionarse cuidadosamente para lograr las propiedades deseadas del hormigón.

6. Marco Conceptual

El comportamiento de compresión del concreto es fundamental en la construcción de estructuras resistentes y duraderas; La resistencia del concreto se mide en psi (Lb/plg²) y depende de diversos factores como la calidad de los materiales utilizados, la proporción de la mezcla y el proceso de curado. En esta investigación, se analizará el comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición de estabilizante químico para suelos (EQS).

Es importante destacar que los aditivos químicos son sustancias que se añaden a la mezcla de concreto para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. En el caso del estabilizante químico para suelo (EQS), se trata de un aditivo que se utiliza en el mejoramiento de suelos para aumentar la resistencia del material y reducir la permeabilidad de este.

El comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición de estabilizante químico (EQS) es un tema relevante en la construcción de estructuras resistentes y duraderas. Los ensayos de laboratorio se realizarán para poder comprobar si la adición de EQS en las mezclas de concreto incrementa la resistencia a la compresión y reduce la permeabilidad del material.

Esta información es valiosa para los profesionales de la construcción que buscan mejorar la calidad de sus estructuras y optimizar su rendimiento a largo plazo.

En la tabla 1 se indica el proceso de metodología planteada para desarrollar el presente estudio, donde se dan a conocer, la pregunta de investigación, hipótesis, objetivos y sus respectivas variables de investigación.

Tabla 1

Marco de Proceso Metodológico, Matriz de Congruencia.

Pregunta de Investigación	Hipótesis	Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables Estudiadas
Los aditivos químicos modifican las características mecánicas de un concreto?	En los procesos constructivos los estabilizantes químicos coadyudan con las propiedades finales en la fabricación de concreto	Analizar el comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición de estabilizante químico (EQS).	Realizar diseño	Cuantitativa, cualitativa
			de mezcla de concreto en condiciones normales para resistencia de 3000 psi y con la adición de estabilizante químico (EQS).	(Humedad, densidades, granulometría, relación A/C, peso unitario, Dosificaciones en peso y volumen, densidad, dosificaciones de aditivo)
			Realizar los ensayos de laboratorio para	Cuantitativo, cuantitativo (ensayo de

Pregunta de Investigación	Hipótesis	Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables Estudiadas
			determinar la resistencia del concreto a la compresión por métodos establecidos en la normativa colombiana.	compresión A 7, 14 y 28 días)
			Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concretos	cuantitativo, cualitativo (Análisis estadísticos, porcentaje de aditivo químico tipo EQS, graficas, tiempo (7, 14 y 28 días)

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

En la tabla 2, se encuentran indicadas las variables que nos permitirán medir los resultados obtenidos de la presente investigación.

Tabla 2

Variables de Estudio, Matriz de Operacionalización.

Objetivos	Variables	Cuantitativa, cualitativa
Analizar el comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi y la adición de estabilizante químico (EQS). Realizar los ensayos de laboratorio para determinar la resistencia del concreto a la compresión por métodos establecidos en la normativa colombiana. Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concretos.	Dimensiones	Resistencia.
		Propiedad mecánica.
		Económica.
		Resistencia con aditivos/Resistencia sin aditivo.
	Indicador	Niveles de producción.
		Costo m3 sin aditivo/costo m3 con aditivo.
	Escala	Local.
	Categorías	Concretos.

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

7. Marco Normativo.

En la tabla 3, se referencia la normativa en base a las cuales se llevó a cabo el desarrollo de esta investigación.

Tabla 3

Normativa de referencia

Normativa	Nombre de la normativa	Vigencia desde
NTC 174	Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto	2000-06-21
NTC 396	Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto	1992-01-15
NTC 454	Ingeniería civil y arquitectura. Concretos. Concreto fresco. Toma de muestras	2011-10-19
NTC 504	Ingeniería civil y arquitectura. Refrendado de especímenes cilíndricos de concreto	1995-11-29

Normativa	Nombre de la normativa	Vigencia desde
NTC 550	Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.	2000-06-21
NTC 673	Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto	2010-02-17
NTC 1299	Concretos. Aditivos químicos para concreto	2008-12-16
NTC 3357	Concretos. Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico	2013-10-16
NTC 3459	Concretos. Agua para la elaboración del concreto	2001-10-31
NTC 3512	Tanques de curado	2014-07-16
INVIAS, Capítulo 3, Artículo 350	Suelo - Cemento. Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural	2012

Normativa	Nombre de la normativa	Vigencia desde
NSR 2010, Titulo C	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Concreto Estructural	2010-07-15

Nota. Fuente. Norma técnica colombiana (NTC), Adaptación a presente estudio.

8. Marco Contextual.

8.1 Localización.

El trabajo de grado el cual tiene como título “Análisis del comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi con la adición de estabilizante químico (EQS)”, se llevó a cabo en el Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo en los laboratorios del Instituto Tecnológico del Putumayo - ITP sede principal y laboratorio del Geotecnólogo Walter Cortés Ortiz, los suministros del agregado grueso fueron surtidos por la trituradora “Jair Fernando Viveros Ortiz Trituradora Caliyaco”, el agregado fino fue extraído del Rio Taruca de manera artesanal.

En la figura 1, se ilustra la ubicación de Colombia en América, en la figura 2, se ilustra la ubicación del Putumayo en Colombia y en la figura 3 se ilustra la ubicación del área de desarrollo de la tesis.

Figura 1

Ubicación de Colombia en América.



Nota. Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_in_South_America.svg

Figura 2

Ubicación de Mocoa en el Departamento del Putumayo.



Nota. Fuente: <https://sco.wikipedia.org/wiki/Mocoa>

Figura 3

Ubicación del área de trabajo - Instituto Tecnológico del Putumayo ITP



Nota. Fuente: Google Earth Pro - Instituto tecnológico del Putumayo (ITP).

El Instituto tecnológico del Putumayo, se encuentra ubicado en la Calle 17, Carrera 17, Mocoa, Putumayo. En las coordenadas $1^{\circ} 9'25.26''N$, $76^{\circ}39'5.43''O$.

9. Diseño de mezcla para el concreto por el método A.C.I

La dosificación del concreto para alcanzar la resistencia de 3000 psi en masa y volumen fueron obtenidas a través del método de diseño de mezclas de concreto, método A.C.I. El método A.C.I consiste en un método que permite determinar las cantidades del agregado grueso, agregado fino, material cementante (cemento) y la relación agua/cemento (A/C), necesaria para obtener una determinada trabajabilidad de la mezcla de concreto con su resistencia requerida. Este método se enfoca en la normativa ASTM C33.

Para iniciar con el proceso del diseño de mezcla se debe tener datos básicos de los agregados, cemento y agua, datos como, la densidad, masa unitaria suelta, análisis granulométrico, módulo de finura, tamaño máximo nominal y porcentaje de humedad de los materiales (Agregado grueso y agregado fino). Los agregados deben contar con buena calidad según ensayos de laboratorio referenciados bajo normativa colombiana – NTC.

9.1 Selección del asentamiento.

Para determinar la selección del asentamiento se debe tener en cuenta el tipo de construcción en el cual vamos a implementar el diseño de mezcla, en nuestro caso, será en edificaciones de uso general. En estructuras como columnas, vigas, losas, cimentaciones. Dicho esto, el asentamiento se eligió teniendo en cuenta las recomendaciones que se indica en la tabla 4.

Tabla 4

Asentamientos recomendados para algunos tipos de construcción y sistemas de colocación.

Asentamiento (mm)	Tipo de construcción	Sistema de colocación
0,0 - 20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación.	Con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados).
20 - 35	Pavimentos.	Pavimentos con máquina terminadora vibratoria.
35 – 50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.
50 – 100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.
100 – 150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.
150 – 200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos “in situ”.	Tubo-embudo.
Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 175, Adaptado a presente estudio.

9.2 Determinación del tamaño máximo nominal.

Este se determina a través de la granulometría, donde se obtiene, calculando el material retenido y de este podemos obtener cual es la primera malla que retiene entre el 5% y 15% del material.

9.3 Determinación del tamaño máximo.

Se determina como tamaño máximo, la abertura la cual permite el paso de la totalidad del material.

9.4 Estimación del agua de mezcla.

La estimación inicial del contenido de agua en el diseño de mezcla va referenciado al tamaño máximo nominal del agregado y si el concreto esta con contenido de aire o sin contenido de aire. Para el presente estudio se elaboró un concreto sin contenido de aire, para la estimación del agua se eligió según como se indica en la tabla 5.

Tabla 5

Contenido de Agua según asentamiento esperado y tamaños máximos nominales.

Asentamiento	Concretos sin Aire Incluido						
	Tamaños máximos nominales (mm)						
	10	13	19	25	38	50	75
0,0 – 2,5	185	180	165	160	140	135	125
3,0 – 5,0	205	200	185	180	160	155	145

Asentamiento	Concretos sin Aire Incluido						
	Tamaños máximos nominales (mm)						
	10	13	19	25	38	50	75
5,5 – 7,5	215	210	190	185	170	165	155
8,0 – 10,0	225	215	200	195	175	170	165
10,5 – 15,0	235	225	205	200	180	175	170
15,5 – 18,0	240	230	210	205	185	180	175
% Contenido de aire	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 176, Adaptado a presente estudio.

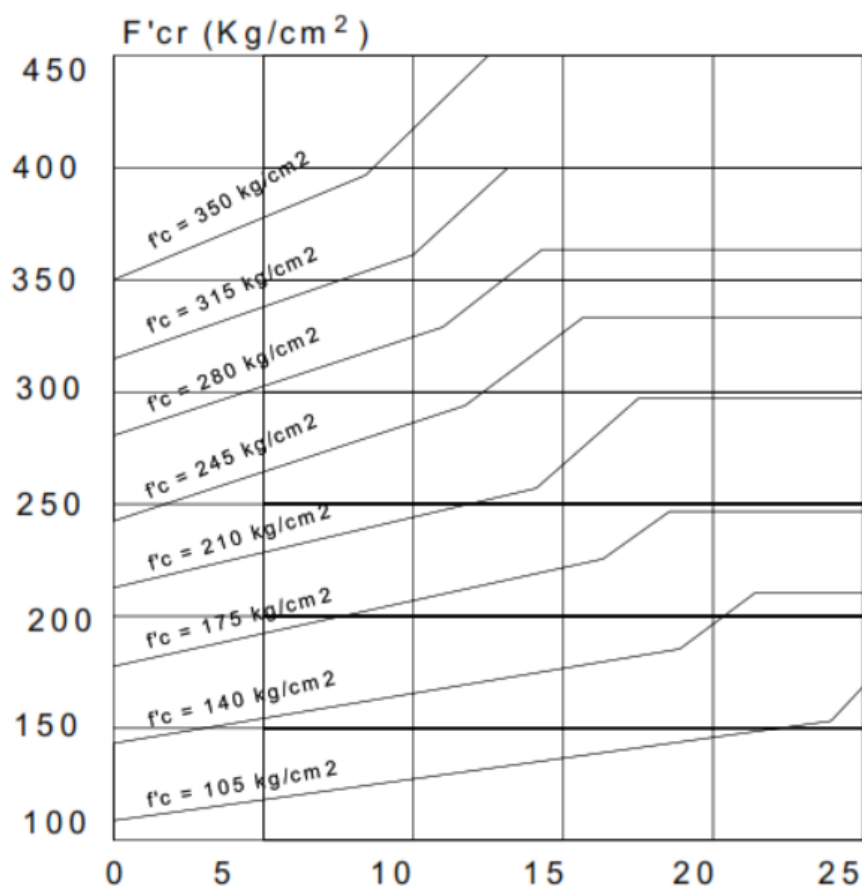
9.5 Resistencia a compresión de la mezcla de concreto (F'_{cr}).

En este paso se realiza el cálculo de F'_{cr} , el cual depende de la resistencia requerida para el diseño de mezcla, este factor se puede calcular de dos formas, la primera cuando se cuenta con más de 30 ensayos previos realizados, esto permitirá encontrar la desviación estándar, y la segunda, cuando no se cuenta con ensayos previos que permitan determinar la desviación estándar.

Cuando se cuenta con más de 30 ensayo previos, el factor F'_{cr} se puede calcular según lo indica la figura 4. Donde se hace un punto de encuentro entre la desviación estándar y F'_c .

Figura 4

F'_{cr} para diferentes valores de F'_c .



Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 128, Adaptado a presente estudio.

Cuando no se cuenta con ensayos previos, el factor F'_{cr} se puede calcular según como se indica en la tabla 6.

Tabla 6

F'cr cuando no hay datos previos de F'c.

Resistencia nominal a la compresión $F'c$ Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión F'_{cr} Mpa
Menos de 21 Mpa	$F'c + 7$ Mpa
de 21 Mpa a 35 Mpa	$F'c + 8,5$ Mpa
Mas de 35 Mpa	$F'c + 10$ Mpa

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 125, Adaptado a presente estudio.

9.6 Selección de la relación agua/cemento (A/C).

9.6.1 Por resistencia.

Para determinar una relación inicial de agua/cemento (A/c), el decreto 1400 presenta unos valores recomendados, estos valores se usan en caso de que no se tenga una idea del comportamiento de los materiales. Los valores recomendados por el decreto 1400 se indican en la tabla 7.

Tabla 7

Decreto 1400, valores comendados de la relación A/C.

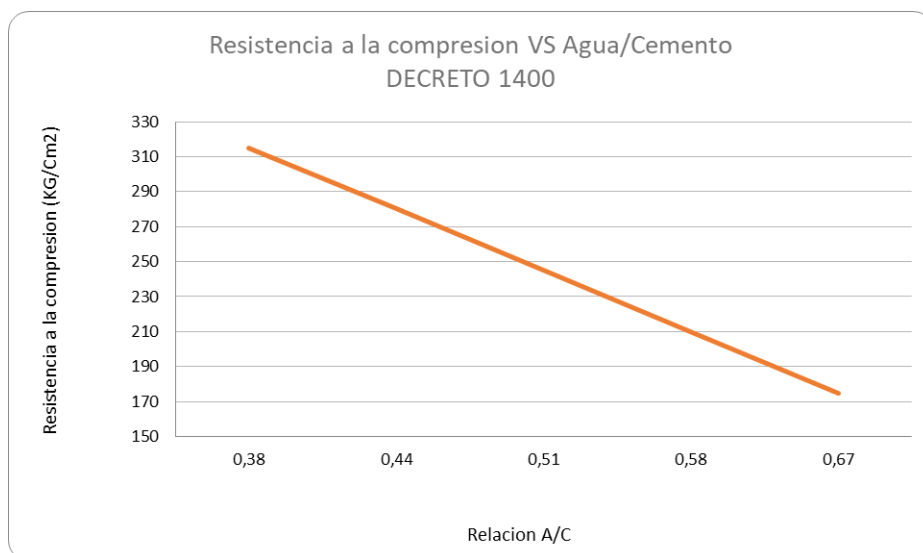
DECRETO 1400	
Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	A/C Concreto sin aire incluido
315	0,38
280	0,44
245	0,51
210	0,58
175	0,67

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 144, Adaptado a presente estudio.

En la figura 5, se puede observar los datos de la relación A/C del decreto 1400.

Figura 5

Decreto 1400, Resistencia a la compresión Vs Relación A/C



Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 144, Adaptado a presente estudio.

9.6.2 Por durabilidad

Para el ajuste por durabilidad del concreto se debe tener en cuenta si la estructura a construir se va a encontrar expuesta a agua con contenidos de sales o sulfatos. Para concretos expuestos a sales se usará la tabla 8 y para concretos expuestos a sulfatos la tabla 9.

Tabla 8

Concretos expuestos a sales.

Condiciones de exposición.	Máxima relación A/C	Resistencia mínima a la compresión F'_c , en Mpa.
Concretos de baja permeabilidad para ser	0,50	24

Condiciones de exposición.	Máxima relación A/C	Resistencia mínima a la compresión F'_c , en Mpa.
expuestos al agua (Agua dulce)		
Concretos expuestos a ciclos de congelamiento y descongelamiento en una condición de humedad, o a químicos que le impidan el congelamiento (Agua salina)	0,45	31
Para la protección contra la corrosión del refuerzo de concreto expuesto a cloruros, sal, agua salina o que puede ser salpicada por agua salina.	0,40	35

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 165, Adaptado a presente estudio.

Tabla 9

Concretos expuestos a sulfatos.

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo porcentaje en masa.	Sulfatos (SO ₄) en el agua en ppm (Partes por millón)	Tipo de cemento	Relación A/C máxima por masa (1)	Resistencia minia a la compresión F'c en Mpa
Despreciable	0,00 a 0,10	0 a 150	-	-	-
Moderada	0,10 a 0,20	150 a 1500	II (3)	0,50	28
Severa	0,20 a 2,00	1500 a 10000	V	0,45	32
Muy severa	Mas de 2,00	Mas de 10000	V con puzolanas (4)	0,45	32

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 166, Adaptado a presente estudio.

9.7 Cálculo del contenido de cemento y aditivo.

9.7.1 Contenido de cemento.

Para la obtención del contenido de cemento se utiliza la ecuación 1. En la que se relaciona el agua y la relación agua cemento.

Ecuación. 1

Cálculo del contenido de cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{A}{A/C}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

Definición de la nomenclatura utilizada en la ecuación 1.

- Cemento = C.
- Agua = A.
- Relación Agua/Cemento = A/C.

9.7.2 Contenido de aditivo.

Para el contenido de aditivo se utilizará la ecuación 2, teniendo en cuenta el resultado obtenido en la ecuación 1.

Ecuación. 2

Cálculo del contenido de aditivo.

Cantidad de ativio = $Ad.(cc3) = cc3$ en referencia a la cantidad de cemento.

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

9.8 Cálculo del contenido de los agregados.

9.8.1 Ajuste granulométrico.

Para determinar el contenido de los agregados se debe realizar inicialmente la granulometría de los agregados, tanto finos como gruesos; Y determinar si requiere un ajuste granulométrico o no, se determina si es necesario dicho ajuste granulométrico según la NTC 174 ya que en dicha normativa Colombia se indican las especificaciones granulométricas para agregado grueso y agregado fino a utilizar en los concretos. La NTC 174 realiza unas recomendaciones de especificaciones granulométricas más utilizadas, en la tabla 10 se indican las especificaciones para agregado grueso y en la tabla 11 se indican las especificaciones para agregado fino.

Tabla 10

Especificaciones granulométricas más utilizadas para agregados grueso según NTC 174.

Tamiz	Agregado No.3 % Pasa	Agregado No.4 % Pasa	Agregado No.5 % Pasa
2"	100	---	---
1 ½ "	95 – 100	100	---
1"	---	95 - 100	100
¾"	35 – 70	---	90 - 100
½"	---	15 - 60	---
3/8"	10- 30	---	20 - 55
No. 4	0 - 5	0 - 10	0 – 10
No. 8	---	0 - 5	0 - 5

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 61, Adaptado a presente estudio.

Tabla 11.

Especificaciones granulométricas más utilizadas para agregados fino según NTC 174.

Tamiz	Agregado fino %pasa
3/8" – (9,51mm)	100
No. 4 – (4,76mm)	95 - 100
No. 8 – (2,38mm)	80 – 100
No. 16 – (1,19mm)	50 – 85
No. 30 – (595mm)	25 – 60
No. 50 – (297um)	10 – 30
No. 100 – (149um)	2 - 10

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 61, Adaptado a presente estudio.

Debido a que en la mayoría de los casos se requiere realizar un ajuste granulométrico, se dispone de diferentes métodos para dicho ajuste, dos de las curvas granulométricas ideales corregidas más reconocidas son; el método de Fuller y método Weymouth y también existe otra curva granulométrica ideal ajustada recomendada por la Asociación Colombiana de productores de Cemento - Asocreto.

Para la elección del método de ajuste de la curva granulométrica se debe tener en cuenta que el método de Fuller se recomienda para concretos los cuales en su proceso de colocación se compacten de manera enérgica y el método de Weymouth, se recomienda para concretos donde en su colocación se compacte de manera manual o con vibración normal. Mientras que Asocreto recomienda una combinación de agregados siempre y cuando se encuentre dentro de las proporciones indicadas en su tabla de recomendación.

En la tabla 12 se indica los ajustes ideales para la curva granulométrica según el método de Fuller y en la tabla 13 se indica los ajustes según el método de Weymouth.

Tabla 12

Método de Fuller, Curva granulométrica ideal ajustada en referencia al porcentaje que pasa en cada malla.

Malla	Fuller				
	Tamaño máximo (mm)				
	76,1	50,8	38,1	25,4	19,1
3"	100	---	---	---	---
2"	81,00	100	---	---	---
1 ½"	69,80	86,10	100	---	---
1"	56,50	69,90	80,80	100	---
¾"	48,50	59,60	69,40	85,80	100
⅜"	33,40	41,10	47,80	59,00	68,80
No. 4	22,70	27,90	32,50	40,10	46,80
No. 8	15,20	18,60	21,60	26,70	31,20
No. 16	9,80	12,00	14,00	17,10	20,10

Malla	Fuller				
	Tamaño máximo (mm)				
	76,1	50,8	38,1	25,4	19,1
No. 30	6,00	7,30	8,60	10,50	12,40
No. 50	3,30	4,10	4,70	5,60	6,80
No. 100	1,40	1,70	2,00	2,40	2,80

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 107, Adaptado a presente estudio.

Tabla 13

Método de Weymouth, Curvas granulométrica ideal ajustadas en referencia al porcentaje que pasa en cada malla.

Malla	Weymouth				
	Tamaño máximo (mm)				
	76,1	50,8	38,1	25,4	19,1
3"	100	---	---	---	---
2"	---	100	---	---	---
1 ½"	80,50	91,20	100	---	---
1"	---	---	---	100	---
¾"	61,70	70,90	78,10	89,80	100
⅜"	46,00	53,20	59,00	68,20	76,20
No. 4	34,30	39,50	43,90	51,10	57,00
No. 8	25,00	28,90	31,90	37,00	41,20
No. 16	17,30	20,00	22,20	25,80	28,60

Malla	Weymouth				
	Tamaño máximo (mm)				
	76,1	50,8	38,1	25,4	19,1
No. 30	11,20	12,90	14,20	16,60	18,40
No. 50	6,20	7,00	7,90	9,30	10,00
No. 100	2,10	2,40	2,70	3,10	3,40

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 107, Adaptado a presente estudio.

Con los datos de entrada conocidos de cada uno de los agregados y realizado el ajuste de la curva granulométrica del agregado fino y grueso, se procede a realizar el cálculo a si como si indica en la ecuación 3, donde se indica la obtención del volumen absoluto del material, ecuación 4 donde se indica el volumen absoluto de los agregados (V_{ag}), ecuación 5 la cual indica la densidad promedio de los materiales a utilizar en el diseño, ecuación 6 donde indica la masa seca de los agregados dado en Kg/m³ de concreto, ecuación 7 la cual indica la masa seca de los agregados en relación con el ajuste granulométrico y la ecuación 8 la cual indica las proporciones iniciales en masa.

Ecuación. 3

Volumen absoluto del material.

$$Volumen\ absoluto\ del\ materia = \frac{Masa\ del\ material}{Densidad}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

Ecuación. 4

Volumen absoluto de los agregados.

$$V_{ag} = 1000 - \frac{C}{G_c} - \frac{A}{G_a}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

Definición de la nomenclatura utilizada en la ecuación 4.

- Volumen absoluto de los agregados en dm³ = V_{ag}.

Ecuación. 5

Densidad promedio de los materiales.

$$\text{Densidad promedio} = G_{\text{promedio}} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

Definición de la nomenclatura utilizada en la ecuación 5.

- Porcentajes de agregado fino y porcentaje de agregado grueso = %i.
- Densidad aparente seca del agregado fino y agregado grueso = G_i.

Ecuación. 6

Masa seca de los agregados.

$$\text{Masa seca de los agregados} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ de concreto} \right) = Mag = Vag * G_{\text{promedio}}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

Ecuación. 7

Masa seca de los agregados en relación con el ajuste granulométrico.

$$\text{Masa seca de los agregados.} i \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ de concreto} \right) = Mag * \% \text{ Ajuste grunomeltrico}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 172, Adaptado a presente estudio.

9.9 Proporciones iniciales en masa (masa seca de agregados).

Las proporciones se indicarán con relación al cemento, en donde se indicará de forma secuencial la cantidad de agua, cemento, agregado fino y agregado grueso, así como se indica en la ecuación 8.

Ecuación. 8

Proporciones iniciales en masa.

$$\text{Proporcion de los agregados} = \frac{\text{Masa seca del agregado}}{\text{Masa seca del Cemento}}$$

Nota. Fuente. Concreto Simple. Rivera, Gerardo a. p, 173, Adaptado a presente estudio.

9.10 Primera mezcla de prueba.

Una vez obtenidas las proporciones iniciales se procede a realizar la primera mezcla de prueba. Para esta primera mezcla se elige la cantidad de cilindros que se desean fundir en la prueba y se debe tener en cuenta el slump, con el fin de determinar el asentamiento del diseño de mezcla.

9.10.1 Ajuste por asentamiento.

Una vez realizada la primera mezcla se puede observar si la cantidad de agua propuesta inicialmente fue la correcta, de no ser así se debe realizar el ajuste por asentamiento, en este ajuste se determina el agua real utilizada en la mezcla, con este contenido de agua se realiza el cálculo de la nueva relación agua/cemento, con la cual se puede calcular la nueva cantidad de cemento.

Referente a esta nueva cantidad de cemento se determinan las nuevas proporciones para una segunda mezcla de prueba.

9.11 Segunda mezcla de prueba.

En la segunda mezcla de prueba se obtienen los resultados donde se indican las diferencias de las resistencias de la primera y segunda mezcla, estas se ingresan de manera paralela en la figura 5 donde están expresadas las resistencias a la compresión Vs la relación A/C.

9.11.1 Ajuste por resistencia.

Una vez ingresados los datos en la figura se procede a realizar el ajuste por resistencia del diseño de mezcla. Eligiendo la nueva relación A/C en la figura 5, referente al comportamiento de los materiales.

9.12 Tercera mezcla de prueba.

Si se realizaron los anteriores procedimientos de forma correcta, en la tercera fundición las condiciones de relación A/C, se deberán cumplir. Si en el ajuste por asentamiento y resistencia los valores de resistencia a la compresión son muy variables con respecto al diseño que se quiere alcanzar, se realiza el ajuste por resistencia sin afectar la durabilidad del concreto.

10. Metodología.

La metodología de esta investigación se llevó a cabo por etapas, las etapas se realizan para dar cumplimiento al objeto de la investigación experimental y con ello demostrar la hipótesis planteada. Se analizarán los datos resultantes de manera cuantitativa y cualitativa.

Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016), p. 11.

Investigación cuantitativa “plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población” (p.11).

Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016), p. 12.

Investigación cualitativa: Borja, (2016), “Conocida también como investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa o etnográfica. Estos estudios involucran la recolección de datos utilizando técnicas que no pretenden hacer medición numérica, como las descripciones y las observaciones. Otras técnicas empleadas son las entrevistas, revisión de documentos, discusiones en grupo, evaluación de experiencias personales, etc.” (p.12).

Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016), p. 13.

Investigación Experimental: Borja, (2016), “Es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinará la relación causa - efecto de un fenómeno físico o social” (p.14).

La metodología de la investigación experimental se llevó a cabo a través de las siguientes etapas las cuales se encuentran explicadas en la tabla 14 de forma general, específica y desarrollo de cada una de ellas.

Tabla 14

Cuadro Sinóptico General

Etapas Generales	Etapas Específicas	Desarrollo de Etapas
------------------	--------------------	----------------------

Análisis del comportamiento a compresión en concretos con resistencias de 3000 psi con la adición de estabilizante químico (EQS).	Etapa 1: Realizar diseño de mezcla de concreto en condiciones normales para resistencia de 3000 psi y con la adición de estabilizante químico (EQS).	1.1 Diseño de mezcla del concreto de 3000 Psi sin y con aditivo EQS. 1.2 Acopio del material. 1.3 Mezcla del concreto con resistencia de 3000 psi. 1.4 Toma de muestra de concreto fresco. 1.5 Elaboración de cilindros. 1.6 Curado del concreto. 1.7 Marcado de la muestra.
	Etapa 2: Realizar ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del concreto a la compresión a los 7, 14 y 28 días de cada una de las muestras.	2.1 Resultados de ensayo a compresión.
	Etapa 3: Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concretos.	3.1 Análisis de los resultados.
		3.2 Análisis de costos de producción.

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

10.1 Tamaño de la muestra.

Para esta tesis de carácter experimental se realizó el cálculo del tamaño de la muestra, según la bibliografía del libro “Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016)”

Se ve la necesidad de realizar un tamaño de muestra debido a que las características de los objetos de estudio son diferentes, los objetos de estudio son 4; Objeto 1 se denominara muestra 1, objeto 2 se denominara muestra 2, objeto 3 se denominara muestra 3 y objeto 4 se denominara muestra 4. Estas muestras se diferencian en la cantidad de contenido del aditivo Estabilizante Químico para Suelos (EQS), si fuera el caso de que sus características sean las mismas no fuese necesario realizar un tamaño de muestra, pero debido a que sus contenidos de EQS son diferentes en cada una de las muestras se hace necesario realizar el cálculo del tamaño de la muestra.

- **Tamaño de la muestra.**

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizará la ecuación 9 para una población infinita.

Ecuación 9

Tamaño de la muestra para población infinita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Nota. Fuente. Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016), p. 31, Adaptado a presente estudio.

Definiciones de la nomenclatura de la ecuación 9.

- n : Tamaño de la muestra.
- p : Probabilidad que la hipótesis sea verdadera.
- q : $(1-p)$ probabilidad de No ocurrencia de la hipótesis.
- e : Error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población.
- Z : coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia) que corresponde a una distribución normal según el % de confianza requerida.

- **Determinar el nivel de confianza.**

El nivel de confianza con el cual se trabajó el presente estudio fue de 90%, con este nivel de confianza determinado podemos obtener los valores de e , p y q los cuales se indican en la tabla 15.

Tabla 15

Valores de Z , e , p y q , para determinar el tamaño de la muestra.

Nivel de confianza - Z	Z	Z^2	$E=\text{error}$	$E=\text{error}$	P	P	q
90%	1,64	2,6896	10%	0,1	50%	0,5	50%
91%	1,7	2,89	9%	0,09	50%	0,5	50%
92%	1,75	3,0625	8%	0,08	50%	0,5	50%
93%	1,81	3,2761	7%	0,07	50%	0,5	50%
94%	1,88	3,5344	6%	0,06	50%	0,5	50%
95%	1,96	3,8416	5%	0,05	50%	0,5	50%
96%	2,05	4,2025	4%	0,04	50%	0,5	50%

Nivel de confianza - Z	Z	Z ²	E=error	E=error	P	P	q
97%	2,17	4,7089	3%	0,03	50%	0,5	50%
98%	2,33	5,4289	2%	0,02	50%	0,5	50%
99%	2,58	6,6564	1%	0,01	50%	0,5	50%

Nota. Fuente. Metodología de la investigación Científica para ingenieros, Borja, (2016), p. 31, Adaptado a presente estudio.

Una vez determinado el nivel de confían se procede a calcular el tamaño de la muestra según la ecuación 9, dando como resultado un tamaño de muestra de 67,24 muestras requeridas para un nivel de confianza del 90%.

$$n = \frac{1,64^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2} = 67,24$$

En el presente experimento se realizan 4 muestras, estas muestras se dividen en 3 partes, la primera parte será para el ensayo a compresión de 7 días, la segunda para ensayo a compresión de 14 días y la tercera para ensayo a compresión de 28 días. De esta forma tendremos la muestra divida en 3 partes así como se indica en la tabla 16.

Tabla 16

Tamaño de la muestra.

Tamaño de la muestra	
n	67,24

n1, Ensayo a compresión de los 7 días	22,00
n2, Ensayo a compresión de los 14 días	23,00
n3, Ensayo a compresión de los 28 días	23,00
Total n:	68,00

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.2 Muestras de estudio.

Una vez obtenido el tamaño de las muestras se procedió a determinar el contenido de Geossil (EQS) y con ella la cantidad de muestras de estudios las cuales se realizaron en el presente estudio; la cantidad de Geossil por muestra se indica en la tabla 17, el contenido de Geossil por fundición se especificará en el capítulo correspondiente al diseño de mezcla, y en la tabla 18 se indican las muestras según los ensayos de compresión.

Tabla 17

Tabla de dosificación Geossil

Dosificación:	
Muestra 1	Mezcla con 0.00 cc de Geossil por 50 kg de cemento
Muestra 2	Mezcla con 125 cc de Geossil por 50 kg de cemento
Muestra 3	Mezcla con 60 cc de Geossil por 50 kg de cemento
Muestra 4	Mezcla con 30 cc de Geossil por 50 kg de cemento

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 18*Cantidad de cilindros por muestra.*

Descripción	Cantidad de cilindros por edad de ensayo: edad de ensayo 7, 14 y 28 días			
Ensayo a	7 días	14 días	28 días	Total
Muestra 1	22	23	23	68
Muestra 2	22	23	23	68
Muestra 3	22	23	23	68
Muestra 4	22	23	23	68
			Total	272

Nota. Fuente. Presente estudio.**10.3 Etapa 1 – Mezcla de concreto.**

La etapa 1, consistió en “Diseño de mezcla de concreto en condiciones normales para resistencia de 3000 psi y con la adición de estabilizante químico (EQS)”. Esta etapa se llevó a cabo así como se indica en la tabla 19, donde se indica su etapa general, sus etapas específicas y desarrollo de estas.

Tabla 19*Cuadro Sinóptico Etapa 1*

Etapa General	Etapas Especificas	Desarrollo de las Etapas
Realizar diseño de mezcla de concreto en condiciones normales para resistencia de 3000 psi y con la adición de estabilizante químico (EQS).	1.1 Diseño de mezcla del concreto de 3000 Psi sin y con aditivo EQS.	1.1.1 Características de los materiales a utilizar.
		1.1.2 Selección del asentamiento.
		1.1.3 Determinación del tamaño máximo nominal.
		1.1.4. Determinación del tamaño máximo.
		1.1.5 Estimación del agua de mezcla.
		1.1.6 Resistencia a compresión de la mezcla de concreto (F'_{cr}).
		1.1.7 Selección de la relación agua/cemento (A/C).
		1.1.8 Calculo del contenido de cemento y aditivo.
		1.1.9 Calculo del contenido de los agregados.

Etapa General	Etapas Especificas	Desarrollo de las Etapas
		1.1.10 Proporciones en masa seca para el diseño de mezcla.
	1.2 Acopio del material.	---
	1.3 Mezcla del concreto con resistencia de 3000 psi.	---
	1.4 Toma de muestra de concreto fresco.	1.4.1 Determinación del asentamiento de la mezcla.
	1.5 Elaboración de cilindros.	---
	1.6 Curado del concreto.	1.6.1 Curado inicial.
		1.6.2 Curado final.
	1.7 Marcado de la muestra.	---

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Para esta etapa se tuvo en cuenta lo que se estipulan en la siguiente normativa; Norma técnica colombiana (NTC); NTC 174, NTC 3459, NTC 890, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Capitulo C.5).

10.3.1 Diseño de mezcla del concreto de 3000 Psi sin y con aditivo EQS.

La dosificación del concreto para alcanzar la resistencia de 3000 psi o 21 Mpa será 1-2,9-2,2, con cantidades de 357,53 Kg de cemento, 1036,84 Kg de agregado fino, 786,57 Kg de agregado grueso y 178,77 Lts de agua para 1 m³ de concreto.

Para llegar a estas dosificaciones se realizó el diseño de mezcla por el método A.C.I con guía del libro “Concreto Simple de ing. Gerardo a. Rivera l.”. A si como se indica a continuación.

Para el diseño se conocen los datos de entrada de cada uno de los materiales utilizados en el diseño de mezcla.

10.3.1.1 Características de los materiales a utilizar.

10.3.1.1.1 Características del agregado fino.

- **Densidad aparente.**

El ensayo de densidad aparente se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 237, pasos; Se realiza pesado del agregado el cual es secado al aire libre hasta lograr un peso estable, luego se pesa el agua, posteriormente se agrega el agua + agregado fino al picnómetro, se procede a extraer todo el contenido de aire y se vuelve a pesar.

En la tabla 20 se indican los datos obtenido para el ensayo realizado del agregado fino, los cuales permitieron determinar la densidad aparente del agregado fino; el agregado fino fue extraído del río la taruca de manera artesanal.

Para el cálculo de la densidad se determinó inicialmente la gravedad específica (G_s) según la ecuación 10 y por último la densidad según la ecuación 11 que dio como resultado 2,548 Kg/dm³.

Tabla 20

Densidad aparente del agregado fino – Fuente del material río Taruca

Descripción	Dato	Unidad
Peso del agregado fino (W_{af})	200,3	Gramo
Peso del picnómetro + agua (W_{pw})	650,6	Gramo
Peso del picnómetro + agua + Agregado fino (W_{pwaf})	772,2	Gramo
Peso del Agua (PH_{20})	1	Gr/cm ³

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación 10

Gravedad específica del agregado fino.

$$\text{Gravedad específica } (G_s) = \frac{W_{af}}{W_{pw} + W_{af} - W_{pwaf}} = 2,548$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

Ecuación 11

Densidad aparente del agregado fino.

$$\text{Densidad aparente} = G_s * PH_{20} = 2,548 * 1 = 2,548 \text{ g/cm}^3$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Módulo de finura.**

El módulo de finura se obtuvo a través de los datos del porcentaje retenido acumulado de la curva granulométrica del agregado fino, los cuales están indicados en la tabla 21; una vez obtenidos estos datos se procede a calcular el módulo de finura según la ecuación 12 dando como resultado un módulo de finura de 2,95 clasificándolo como un material ligeramente grueso.

Para el ensayo de la granulometría nos basamos en la normativa NTC 77. El ensayo granulométrico consistió en obtener 1kg del material, este posteriormente se cuarte para obtener una muestra representativa. Procedemos a tamizar el material por el tamiz de mayor abertura y lo que se quede retenido en cada tamiz se va pesando y a si hasta terminar con la secuencia de tamices, la cual estaba comprendida desde la malla #4, #8, #16, #30, #50, #100.

Tabla 21.

Porcentaje Retenido Acumulado de agregado fino.

Tamiz		Retenido Acumulado
mm	No.	
4,76	#4	1,35
2,38	#8	7,11
1,19	#16	32,16
0,595	#30	67,41
0,297	#50	89,11
0,149	#100	98,11
0,074	#200	99,94
Fondo		100

mm	Tamiz	Retenido Acumulado
	No.	
	Peso total (g)	946,20
	Peso inicial (g)	947,73

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación 12

Módulo de finura del agregado fino.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100} = 2,95$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Porcentaje de absorción.**

El ensayo de porcentaje de absorción se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 237, Para la determinación del porcentaje de absorción se dejó sumergida la muestra durante 24 horas, luego se procedió a dejar secar la muestra al aire por un tiempo en el que esta estuviera superficialmente seca S.S.S, con el fin de determinar el estado de humedad ideal se usó el cono y pisón estandarizado, el cono se llenó con el agregado fino luego se dieron 25 golpes con el pisón y se levantó el cono de forma vertical.

Esto se repitió 5 veces hasta cuando se observó que la muestra mantuvo la forma y se desborono levemente se procedió a realizar el ensayo de absorbió.

Para este ensayo se agregó el agua al picnómetro y se determinó el volumen de llenado, se procedió a vaciar el agregado fino al picnómetro, se extrajo el contenido de aire con movimientos circulares en el picnómetro, se pesó y determino volumen nuevamente. De este proceso se obtuvieron los siguientes resultados que se indican en la tabla 22.

Tabla 22.

Porcentaje de Absorción del agregado fino.

Referencia	Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
A	Peso del material saturado superficialmente seco (Aire)	509,55	487,55	Gramo
B	Peso de tara + Agua	731,7	728,9	Gramo
C	Peso de tara + muestra S.S.S + Agua	1092,7	1077	Gramo
D	Volumen de masa + Volumen de vacíos (BRUTO)	148,55	139,45	Gramo
E	Peso del material seco en el horno	495	473	Gramo
F	Volumen de masa (NETO)	134	124,9	Gramo

Nota. La Fuente de extracción del Material corresponde al Rio la Taruca, Fuente. Elaboración Presente estudio.

El volumen de masa + el volumen de vacíos (Bruto) se obtuvo a como se indica en la ecuación 13.

Ecuación 13

Volumen de masa + Volumen de vacíos (Bruto)

$$V_{bruto} = (A + B) - C = 148,55 \text{ Gramos}$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

El volumen de masa neto se obtuvo como se indica en la ecuación 14.

Ecuación. 14

Volumen de masa (Neto)

$$V_{neto} = D - (A - E) = 134 \text{ Gramos}$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

El porcentaje de absorción se calculó como se indica en la ecuación 15. Los resultados del porcentaje absorción se encuentran en la tabla 23.

Ecuación. 15

Porcentaje de absorción agregado fino.

$$\% \text{Absorción} = (A - E / E) * 100)$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

Tabla 23

Porcentaje de absorción del agregado fino.

% de Absorción		
% de Absorción 1.	2,94	%
% de Absorción 2.	3,08	%
% de Absorción promedio	3,01	%

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Masa unitaria suelta = Bulk**

El ensayo de masa unitaria suelta se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 92, para este ensayo se tomó un peso de 4000 gramos, el material se encontraba posteriormente lavado y secado al horno. El recipiente que se utilizó tenía unas dimensiones de 4x8 Pulgadas (In). Para la selección del material, previamente se realizó cuarteo de este con el fin de obtener una muestra representativa.

Se procede a llenar el recipiente hasta quedar completamente lleno, se enraza quitando los excesos siempre cuidando de no hacer fuerza sobre el material, luego se procede a pesar. Este procedimiento se realizó 3 veces. Los datos obtenidos del ensayo se indican en la tabla 24 y el cálculo de la masa unitaria suelta = Bulk se realizó según la ecuación 16. De estos se obtiene como resultado una masa unitaria suelta de 2,458 Kg/dm³.

Tabla 24

Masa unitaria suelta del agregado fino.

Peso segundo ensayo (Gramos)	
Peso 1 (Gramos)	3715
Peso 2 (Gramos)	3726
Peso 3 (Gramos)	3718
Peso promedio	3719,67

Nota. La Fuente de extracción del Material corresponde al Rio la Taruca, Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación. 16

Masa unitaria suelta del agregado fino.

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen} = 2,458 \text{ Kg/dm}^3$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Textura**

La textura se determinó a través del tacto, determinando una textura arenosa.

- **Color.**

El color se determinó de manera visual, determinado un color café claro.

Después de realizar cada uno de los ensayos para determinar las características del agregado fino, en la tabla 25 se resumen dichas características del agregado fino.

Tabla 25

Características del Agregado Fino.

	Agregado Fino -	Unidad
Densidad aparente seca = G _s		
aparente	2,548	Kg/dm ³
Módulo de finura	2,95	-
Porcentaje de absorción	3,01	%
Masa unitaria suelta = Bulk	2,46	Kg/dm ³
Textura	Arenosa	-
Color	Café claro	-

Nota. La Fuente de extracción del Material corresponde al Rio la Taruca, Fuente. Elaboración Presente estudio.

Imagen 1

Agregado Fino.



Nota. Agregado Fino extraído del Rio la Taruca, Fuente. Elaboración Presente estudio.

10.3.1.1.2 Características del agregado grueso.

El agregado grueso es extraído del río Caliyaco y procesados por la empresa “Jair Fernando Viveros Ortiz Trituradora Caliyaco”. La cual tiene resolución No. 0934 del 13 de Julio del 2017 emitida por la Entidad Ambiental Corpoamazonia, para el proyecto denominado “*Instalación y funcionamiento de una planta de transformación de materiales pétreos, Vereda la Caliyaco, Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo*”, el cual tiene como cogido de expediente PE-06-86-001-X-006.

- **Densidad aparente.**

El ensayo de densidad aparente se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 237, pasos; Se realiza pesado del agregado grueso el cual es secado al aire libre hasta lograr un peso estable, luego se pesa el agua, posteriormente se agrega el agua a la probeta y se anota el volumen del agua el cual será volumen 1, se adiciona el agregado grueso a la probeta y se anota el volumen 2.

En la tabla 26 se indican los datos usados para el ensayo realizado del agregado grueso, los cuales permitieron determinar la densidad aparente del agregado. Para el cálculo de la densidad se determinó inicialmente el volumen desplazado (V_{des}) según la ecuación 17 y por último la densidad según la ecuación 18 que dio como resultado 2,66 g/dm³.

Tabla 26

Densidad aparente del agregado grueso – Fuente del material rio Caliyaco.

Descripción	Dato	Unidad
Volumen 1	100	Cm3
Volumen 2	138	Cm4
Peso del agregado grueso	101,1	Gramo

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación 17

Volumen desplazado

$$V_{des} = V1 - V2 = 38cm^3$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

Ecuación 18

Densidad aparente del agregado grueso.

$$Densidad\ aparente = \gamma_{ag} = \left(\frac{W_{ag}}{V_{des}} \right) = 2,66 \frac{g}{cm^3}$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Tamaño máximo nominal.**

Según la curva granulométrica realizada al agregado grueso se obtiene que el tamaño máximo nominal del agregado es $\frac{1}{2}$ ", este se considera como la primera malla que retiene entre el 5% al 15% del agregado.

Para el ensayo de la granulometría nos basamos en la normativa NTC 77. El ensayo granulométrico consistió en obtener 6 kg del material, este posteriormente se cuarte para obtener una muestra representativa. Procedemos a tamizar el material por el tamiz de mayor abertura y lo que se quede retenido en cada tamiz se va pesando y a si hasta terminar con la secuencia de tamices, la cual estaba comprendida desde la malla 1-1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y #4. El tamaño máximo nominal es obtenido del porcentaje retenido total de la curva granulométrica del agregado grueso, los cuales están indicados en la tabla 27.

Tabla 27

Porcentaje retenido total del agregado grueso

Tamiz No	% Retenido total
1-1/2"	0,00
1"	0,00
3/4"	0,97
1/2"	28,47
3/8"	36,68
#4	33,71
Fondo	0,18

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

- **Tamaño máximo.**

Según la curva granulométrica realizada a al agregado grueso se obtiene que el tamaño máximo del agregado es 1", este se considera como la primera malla que permite el paso del 100% del material. El porcentaje que pasa están indicados en la tabla 28.

Tabla 28

Porcentaje que pasa total del agregado grueso.

Tamiz No	%Pasa
1-1/2"	100,00
1"	100,00
3/4"	99,03
1/2"	70,57
3/8"	33,89
#4	0,18
Fondo	0,00

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

- **Porcentaje de absorción.**

El ensayo de porcentaje de absorción se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 237, Para la determinación del porcentaje de absorción se dejó sumergida la muestra durante 24 horas, luego se procedió a dejar secar la muestra al aire por un tiempo en el que esta estuviera superficialmente seca S.S.S y se pesó. Luego se procedió a secar le materia con un material no absorbente y se tomó su peso. Se puso la muestra a sacar al horno y una vez seca se pesa nuevamente. Este procedimiento se realizó 2 veces.

De este proceso se obtuvieron los siguientes resultados que se indican en la tabla 29.

Donde el volumen de masa + el volumen de vacío (Bruto) se calcula según la ecuación 19 y el volumen de masa (Neto) se calcula según la ecuación 20.

Tabla 29

Porcentaje de absorción – Fuente del material rio Caliyaco.

Referencia	Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
Peso del material				
A	saturado superficialmente seco (Aire)	1629,1	1514,6	Gramo
Peso del material				
B	saturado superficialmente seco (Agua)	1025	953	Gramo
Volumen de masa +				
C	Volumen de vacíos (BRUTO)	604,1	561,6	Gramo
Peso del material seco en				
D	el horno	1608	1495	Gramo
Volumen de masa				
E	(NETO)	583	542	Gramo

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación. 19

Volumen de masa + volumen de vacíos. (Bruto)

$$V_{bruto} = (A - B) = 604,1 \text{ Gramos}$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

Ecuación. 20

Volumen de masa (Neto)

$$V_{neto} = C - (A - D) = 583 \text{ Gramos}$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

El porcentaje de absorción del agregado grueso se indica en la tabla 30 y se determinó a través de la ecuación 21, como se indica a continuación.

Tabla 30

Porcentaje de absorción de los agregados gruesos.

% de Absorción		
% de Absorción 1.	1,31	%
% de Absorción 2.	1,31	%
% de Absorción promedio	1,31	%

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación. 21

Porcentaje de absorción del agregado grueso.

$$\%Absorción = \left(\left(\frac{A - D}{D} \right) * 100 \right) = 1,31 \%$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Masa unitaria suelta = Bulk**

El ensayo de masa unitaria suelta se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTC 92, para este ensayo se tomó un peso de 4000 gramos, el material se encontraba posteriormente lavado y secado al horno. El recipiente que se utilizó tenía unas dimensiones de 4x8 Pulgadas (In). Para la selección del material, previamente se realizó un cuarteo de este con el fin de obtener una muestra representativa.

Se procede a llenar el recipiente hasta quedar completamente lleno, se enraza quitando los excesos siempre cuidando de no hacer fuerza sobre el material, luego se procede a pesar. Este procedimiento se realizó 3 veces. Los datos obtenidos del ensayo se indican en la tabla 31 y el cálculo de la masa unitaria suelta = Bulk se realizó según la ecuación 22. De estos se obtiene como resultado una masa unitaria suelta de 2,58 Kg/dm³.

Tabla 31.

Masa unitaria suelta del agregado grueso.

Pesos de ensayo (Gr)	
Peso 1 (Gr)	3894
Peso 2 (Gr)	3898

Pesos de ensayo (Gr)	
Peso 3 (Gr)	3899
Peso promedio	3897

Nota. La Fuente de extracción del Material corresponde al Rio la Taruca, Fuente. Elaboración Presente estudio.

Ecuación. 22

Masa unitaria suelta del agregado grueso.

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen} = 2,58 \text{ Kg/dm}^3$$

Nota. Fuente. Adaptado a presente estudio.

- **Textura.**

La textura del agregado grueso se determinó a través del tacto y su textura es áspera.

- **Color.**

El color del agregado grueso se terminó de forma visual, su color es gris claro.

Una vez realizado cada uno de los ensayos se resumen las características del agregado grueso en la tabla 32

Tabla 32

Características del Agregado Grueso.

Agregado Grueso - Triturado 1/2".		Unidad
Forma	Angular	-
Densidad aparente seca = G _s	2,671	Kg/dm ³
aparente		
Tamaño máximo	1"	Pulgada
Tamaño máximo nominal	1/2"	Pulgada
Porcentaje de absorción	1,31	%
Masa unitaria suelta = Bulk	2,58	Kg/dm ³
Textura	Áspero	-
Color	Gris claro.	-

Nota. La Fuente de extracción del Material corresponde al Rio Caliyaco, Fuente. Elaboración Presente estudio.

Imagen 2

Agregado Grueso.



Nota. Agregado Grueso extraído del Rio la Caliyaco y procesado por la empresa “Jair Fernando Viveros Ortiz Trituradora Caliyaco”, Fuente. Elaboración Presente estudio.

10.3.1.1.3 Características del material cementante.

El material cementante es de la marca de Cemex, Uso General, tipo I. Para determinar el uso de este cementante se realizó un estudio de mercado realizando cotizaciones en 7 ferreterías del municipio de Mocoa, Putumayo. Donde se evidencio que el cemento que tiene mayor comercio y se encuentra en el 100% de las ferreterías correspondientes a este estudio de mercado es el cemento CEMEX, Teniendo en cuenta que la resistencia de diseño será de 3000 Psi y se utilizará Cemento de Uso General, tipo I, el cual es uno de los tipos de cemento más utilizados en las construcciones. En la tabla 33, se evidencia el estudio de mercado realizado y en la tabla 34 se evidencian las características del cementante.

Tabla 33

Estudio de Mercado.

Ítem	Local de venta	Descripción (Cemento de 50kg uso general)	Precio
2	Ferretería Construrama el constructor	Cemex	\$34.500,00
2	Ferretería Ferrelectricos Putumayo	Cemex	\$34.500,00
3	Ferretería Henrique	Cemex	\$34.000,00
4	Ferretería Ferrecentro	Cemex	\$33.700,00
		Tequendama	\$32.000,00
		Cemex	\$34.000,00
5	Ferretería Ferrotodo San Miguel	Alion Corona	\$33.000,00
		Tequendama	\$33.000,00
6	Ferretería el Punto de las Chapas	Cemex	\$34.000,00
		Alion Corona	\$33.000,00
7	Ferretería Distriluna	Cemex	\$33.500,00
	Promedio del bulto de 50kg		\$33.563,64

Nota. Estudio de Mercado Realizado en el Municipio de Mocoa, Putumayo, el día 22 de junio del 2023, Fuente. Elaboración Presente estudio.

Tabla 34*Características del cemento*

Características del cemento	
Cementante.	Cemento De uso general, Tipo I – Marca Cemex
Tipo de cemento I	Uso general
Densidad	3,01 g/cm ³

Nota. Fuente. www.cemexcolombia.com, Adaptado a Presente estudio.

Imagen 3*Cemento Hidráulico tipo 1, Uso General, Bulto de 50kg*

Nota. Fuente. Elaboración Presente estudio.

10.3.1.1.4 Características del agua.

El agua utilizada en el presente estudio fue obtenida por red de suministro de agua que brinda a empresa de energía del Municipio de Mocoa, “AGUAS MOCOA S.A. ESP, LO MEJOR DE NOSOTROS”. Para el respectivo uso del agua se verifico que el suministro de agua fuera sin materia orgánica las cuevas fueran a contaminar el mezcal. Las características del agua utilizada en el estudio se indican en la tabla 35.

Tabla 35

Características del agua

Características del agua	
PH	Entre 6.0 y 8.0
Color	Transparente
Temperatura	20°C a 24°C
Olor	Sin olor
Sabor	Sin sabor
Masa Unitaria Suelta	1,0 kg/m ³
Densidad = Peso específico	1,0 gr/cm ³

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.1.1.5 Características del aditivo.

Las cantidades de aditivo utilizadas en esta investigación fueron suministradas por el Ingeniero Civil Uldarico Lozada Quiroz en manera de donación. Las características del estabilizante químico para suelos – EQS, se indican en la tabla 36.

Tabla 36

Características del aditivo (Estabilizante químico para suelos EQS).

Características GEOSSIL	
Nombre químico:	Emulsión acuosa a base de silanos
Nombre del producto:	GEOSSIL
Uso:	Estabilizante químico para refuerzo de suelos en carreteras
Propiedades Físico - Químicas	
Estado Físico	Líquido Viscoso
Color	Marrón claro
Olor	Característico
Punto de inflamación	> 75 °C
Densidad	1.01 g/ml
Solubilidad	Miscible en agua
pH	Entre 6,1 a 7,3 - neutra o ligeramente ácida
Viscosidad	100 – 500 cps a 25° C
Consideraciones sobre disposición final	
Método de eliminación del producto en los residuos:	Lavado con abundante agua
Eliminación de envases / embalajes contaminados:	Lavado con abundante agua.

Nota. Fuente, hoja de seguridad estabilizador de suelos Geossil®, Adaptado a presente estudio.

Una vez obtenidas, las características del agregado fino, grueso, material cementante y agua, se procedió a realizar el diseño de mezcla para una resistencia de 3000Psi y cantidad de aditivo en los porcentajes considerados.

10.3.1.2 Selección de asentamiento.

En la selección del asentamiento se tuvo en cuenta el tipo de construcción en el cual vamos a implementar el diseño de mezcla, en nuestro caso, será en edificaciones de uso general. En estructuras como columnas, vigas, losas, cimentaciones. Dicho esto, el asentamiento se eligió teniendo en cuenta las recomendaciones que se indica en la tabla 4, dando como resultado un asentamiento de 5 a 10cm.

10.3.1.3 Determinación del tamaño máximo nominal.

Según la curva granulométrica realizada a al agregado grueso se obtiene que el tamaño máximo nominal del agregado es $\frac{1}{2}$ " así como se observa en la tabla 27.

10.3.1.4 Determinación del tamaño máximo.

Según la curva granulométrica realizada a los agregados gruesos y finos se obtiene que el tamaño máximo del agregado es 1" así como se observa en la tabla 28.

10.3.1.5 Estimación del agua de mezcla.

Para el presente estudio se elaboró un concreto sin contenido de aire y con un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ ", conforme a esto obtenemos que la estimación del agua para la primera mezcla de prueba según la tabla 5, es de 200,5 Kg/m³ de concreto.

10.3.1.6 Resistencia a compresión de la mezcla de concreto (F'cr).

Para el presente estudio se realizó un diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de 3000 Psi o 21 Mpa. El factor F'cr se calculó según como se indica en la tabla 6, dando como resultados un F'cr de 4350 Psi o 30 Mpa.

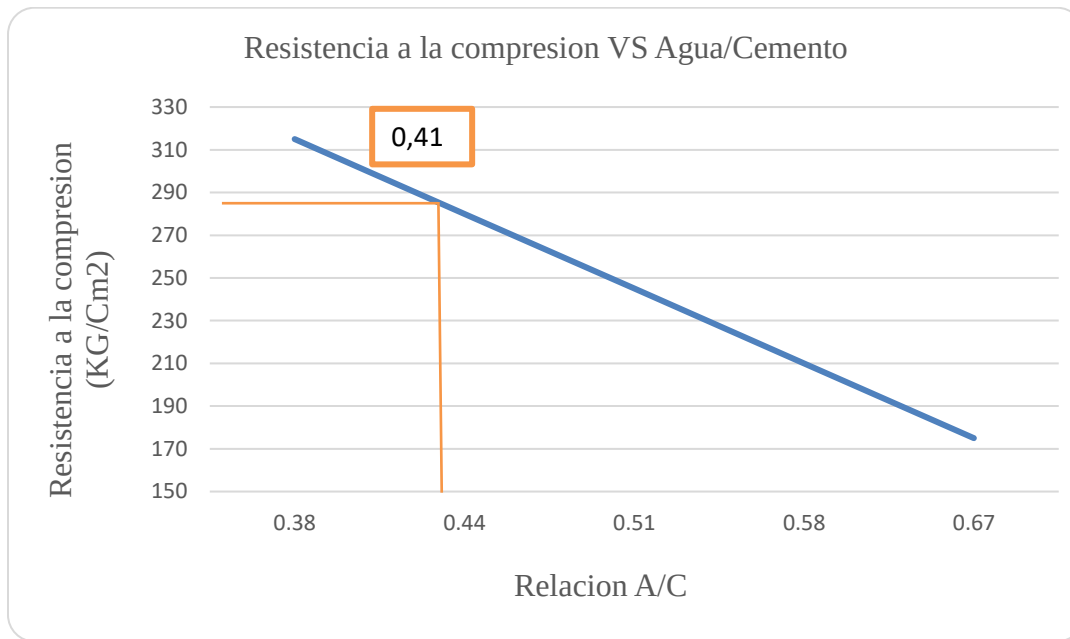
10.3.1.7 Selección de la relación agua/cemento (A/C).

10.3.1.7.1 Por resistencia.

La relación inicial de agua/cemento (A/c), se determinó en base a la tabla 7, dando como resultado una relación inicial de 0,41 así como se evidencia en la gráfica 1.

Grafica 1

Resistencia a la compresión Vs A/C, en referencia al decreto 1400



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.1.7.2 Por durabilidad.

En el ajuste por durabilidad del concreto se realiza cuando el concreto se encuentra expuesto a contenido de sales o sulfatos, en este caso, el concreto no se encontrará expuesto a sales o sulfatos. Entonces la relación agua/cemento (A/C) es escogida por resistencia.

10.3.1.8 Cálculo del contenido de cemento y aditivo.

10.3.1.8.1 Contenido de cemento.

El contenido de cemento se determinó con el uso de la ecuación 1 dando como resultado 489,02 kg por m³ de concreto.

$$Cemento = \frac{200,5}{0,41} = 489,02 \text{ Kg}$$

10.3.1.8.2 Contenido de aditivo.

El contenido de aditivo Geossil (EQS), se calculó según la ecuación 2, teniendo en cuenta el resultado obtenido en la ecuación 1, que determinó una cantidad de cemento de 489,02 Kg.

- **Dosificaciones del GEOSSIL.**

Para realizar la dosificación de Geossil en la mezcla de concreto se tomó como punto de referencia las experiencias que ha tenido la empresa “CONSULTORÍAS & CONSTRUCCIONES CIVILES LOZADA SAS” con el uso de este como estabilizante químico para refuerzo de suelos en carreteras. La dosificación que ellos utilizan es la relación de 500 centímetros cúbicos (cc) de Geossil para estabilizar 1m³ de material, el Geossil se aplica disuelto en agua la cual se utilizara para compactar el material.

La empresa mencionada anteriormente indica que el EQS funciona como un plastificante cuando es usado como estabilizante químico para refuerzo de suelos en carreteras. Debido a esto se asimilará que el Geossil pertenece a la familia de los plastificantes si es usado como aditivo en el concreto.

Según la ficha técnica del plastificante “Sika CEM® Plastificante” se debe usar una dosificación recomendada, para usar como plastificante de 250 centímetros cúbicos (cc) por bolsa de cemento de 50 Kg.

Tomando eso como punto de referencia, utilizaremos la siguiente dosificación especificadas en la tabla 37 para el concreto de 3000 psi con adición de EQS.

Tabla 37*Tabla de dosificación Geosil*

Dosificación:	
Muestra 1	Mezcla con 0.00 cc de Geosil por 50 kg de cemento
Muestra 2	Mezcla con 125 cc de Geosil por 50 kg de cemento
Muestra 3	Mezcla con 60 cc de Geosil por 50 kg de cemento
Muestra 4	Mezcla con 30 cc de Geosil por 50 kg de cemento

Nota. Fuente. Presente estudio.

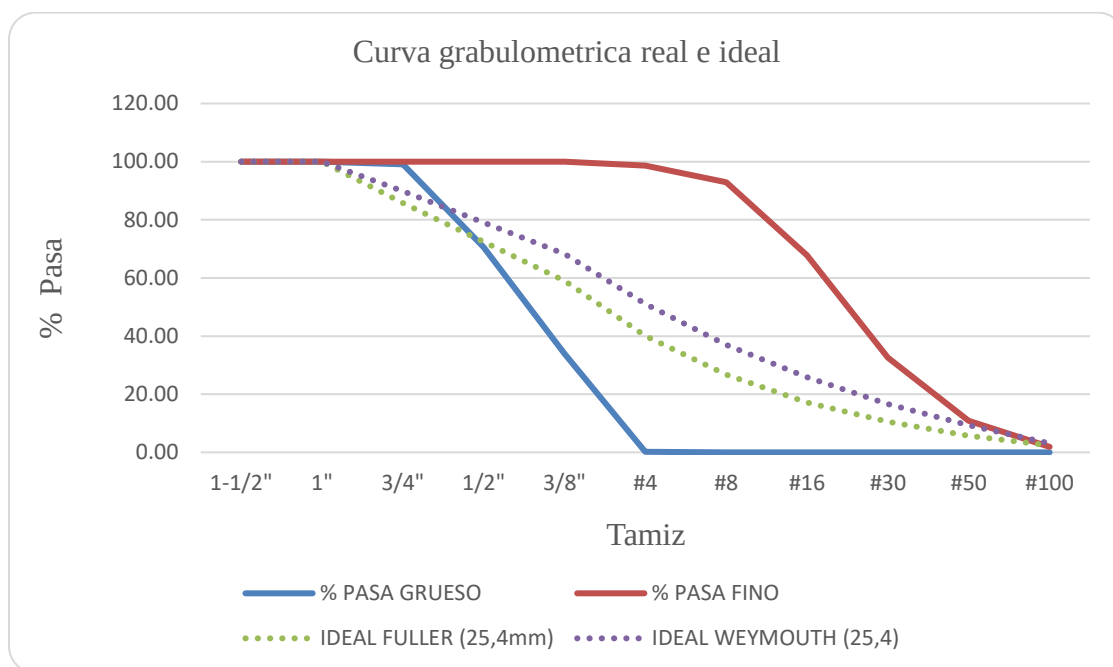
10.3.1.9 Cálculo del contenido de los agregados.

10.3.1.9.1 Ajuste granulométrico.

Se realizó inicialmente la granulometría de los agregados, tanto finos como gruesos; y se realizó una comparación entre las curvas ideales de Fuller y Weymouth así como se indica en grafica 2, observando que se requiere realizar un ajuste granulométrico debido a que las curvas de los agregados finos y gruesos se encuentra muy desfasada de las curvas ideales ajustadas.

Grafica 2

Curva granulométrica de los agregados y curva ideal según Fuller y Weymouth.



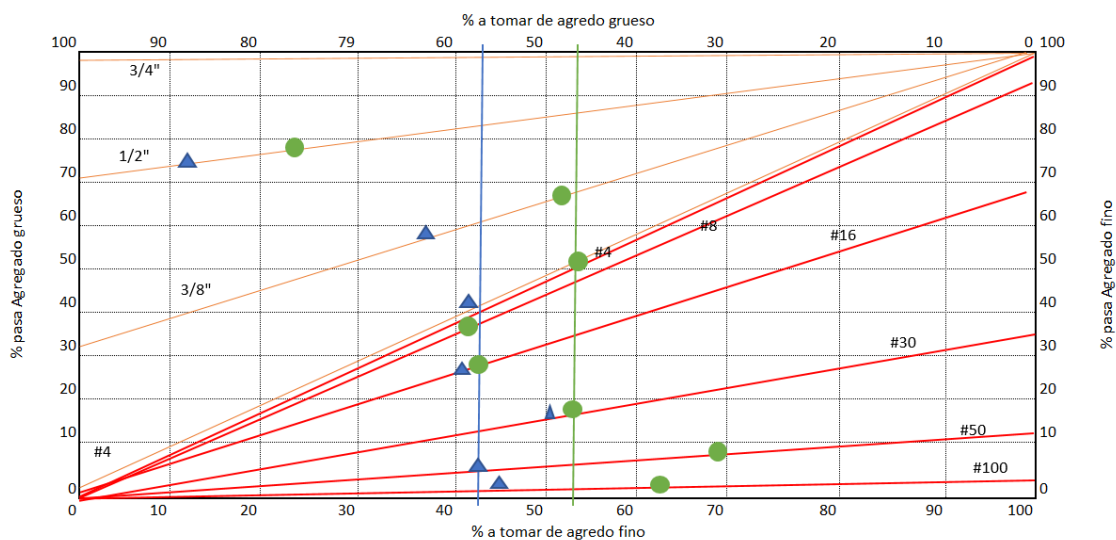
Nota. Fuente. Presente estudio.

Para realizar el ajuste granulométrico nos basamos en el método gráfico, y las curvas se ajustan según a las curvas ideales granulométricas propuestas por Fuller y Weymouth, en el gráfico se identifican dos formas, los círculos verdes hacen referencia a la curva de Weymouth y los triángulos azules a Fuller.

En la gráfica 3, se observa el método gráfico para el ajuste granulométrico donde se obtuvieron las curvas granulométricas ideales ajustadas que se indican en la gráfica 4.

Grafica 3

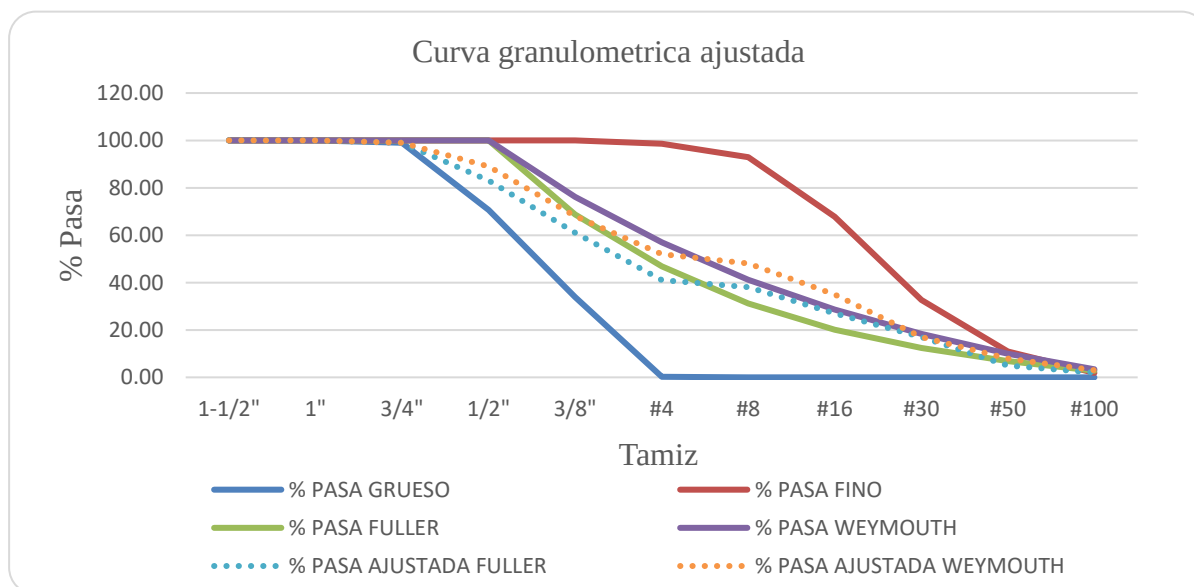
Método grafico de ajuste granulométrico.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Grafica 4

Curva granulométrica ajustada.



Nota. Fuente. Presente estudio.

De las curvas granulométricas ajustadas como se observa en el grafica 4, se obtiene los porcentajes de contenido de agregado fino y grueso según el método de Fuller los cuales se indican en la tabla 38 y los porcentajes de agregado según el método de Weymouth los cuales se indican en la tabla 39.

Tabla 38

Fuller: Porcentaje ajustado para agregado fino y grueso.

Fuller (%pasa) – Triangulo azul	
% a tomar agregado grueso	57
% a tomar agregado fino	43

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 39

Weymouth: Porcentaje ajustado para agregado fino y grueso.

Weymouth (%pasa) – Circulo naranja	
% a tomar agregado grueso	47
% a tomar agregado fino	53

Nota. Fuente. Presente estudio.

De los porcentajes de agregado a tomar se eligió la curva granulométrica ajustada por el método Weymouth debido a que los concretos serán compactados manualmente, los porcentajes de agregado están indicado en la tabla 39 con contenidos de agregado grueso de 47% y agregado fino del 53%.

10.3.1.10 Proporciones en masa seca para el diseño de mezcla.

Para esto es necesario determinar primero el volumen absoluto de los agregados, este se calculó como se indica a continuación.

$$Vol. Ads. Agregados = 1000 - \frac{200,5}{1} - \frac{489,02}{3,01} = 637,03 \text{ dm}^3$$

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\frac{47}{2,66} + \frac{53}{2,548}} = 2,60 \text{ Kg/dm}^3$$

$$Masa \text{ de los agregados} = 637,03 * 2,60 = 1656,79 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ de concreto}$$

$$Masa \text{ del agregado fino} = 1656,79 * \left(\frac{53}{100} \right) = 878,10 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ de concreto}$$

$$Masa \text{ del agregado grueso} = 1656,79 * \left(\frac{47}{100} \right) = 778,69 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ de concreto}$$

En la tabla 40 se resumen las proporciones iniciales en masa de los agregados, en la tabla 41 se indican las proporciones en masa y volumen para 1m³ de concreto.

Tabla 40

Masa inicial de los agregados.

Masa de los agregados	1656,79	Kg/m ³ de concreto
Masa del agregado fino	878,10	Kg/m ³ de concreto
Masa del agregado grueso	778,69	Kg/m ³ de concreto

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 41

Proporciones iniciales para 1m³ de concreto.

Descripción	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Σ
Masa material (Kg/m ³ de concreto)	200,5	489,02	878,10	778,69	2346,31
Volumen absoluto (dm ³ /m ³ de concreto)	200,49245	162,47	344,35	292,68	999,99
Proporciones en masa seca	0,41	1	1,80	1,59	---

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.1.10.1Primera mezcla de prueba.

En esta primera mezcla de prueba se realizó la fundición de 9 cilindros + 1 slump, para obtener el asentamiento de 6 cm fue necesario adicionar 5,8 de Kg agua arrojando una relación de $A/C = 0,55$ debido a esto se debe realizar un ajuste por asentamiento. La resistencia de esta primera mezcla de prueba a los 28 días fue de 4073 Psi.

10.3.1.10.2Ajuste por asentamiento.

Se realizo el cálculo para obtener las nuevas proporciones para la segunda mezcla de prueba y las proporciones de ajuste por asentamiento quedaron como se indica en la tabla 42.

Tabla 42

Dosificaciones en referencia a juste por asentamiento para 1m³ de concreto.

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Sumatoria
Volumen					
absoluto					
(dm ³ /m ³ de	253,32	205,27	292,66	248,75	1000,00
concreto)					
Masa material	253,32	617,85	746,29	661,81	2279,27
(Kg/m ³ de					
concreto)					
Proporciones	0,41	1,00	1,43	1,21	---
en masa seca					

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.1.10.3Segunda mezcla de prueba.

En esta segunda mezcla de prueba se realizó la fundición de 9 cilindros + 1 slump, con las cantidades ajustadas como se indican en la tabla 42. La resistencia de esta según mezcla de prueba a los 28 días fue de 4943 Psi. En la tabla 43 se hace un resumen de las dos mezclas de prueba realizadas con su respectiva resistencia alcanzada a los 28 días.

Tabla 43.*Resistencia de mezcla de prueba 1 y mezcla de prueba 2.*

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Resultados
					en PSI - A los 28 días.
Mezcla 2	0,41	1,00	1,42	1,21	4942,70
Mezcla 1	0,55	1,00	1,80	1,59	4073

Nota. Fuente. Presente estudio.

- **Ajuste por resistencia.**

Una vez ingresados los datos en la figura se procede a realizar el ajuste por resistencia del diseño de mezcla. Eligiendo la nueva relación A/C en la gráfica 5, referente al comportamiento de los materiales.

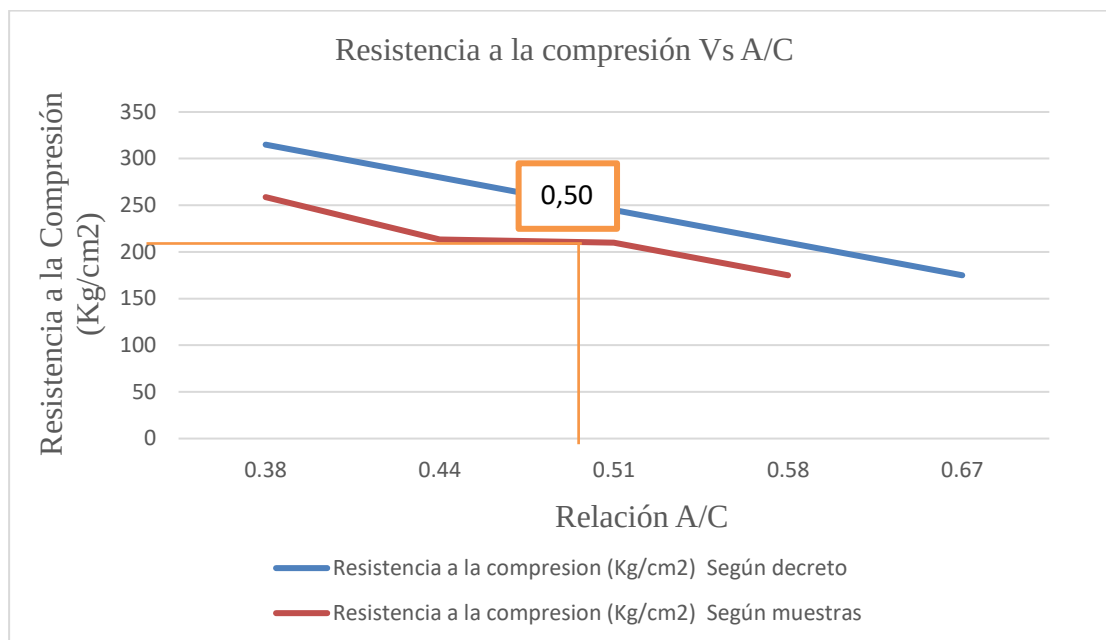
Debido a que las resistencias son diferentes a las del diseño que se quiere obtener, se realizó el ajuste a las proporciones por requisito de resistencia sin afectar la durabilidad.

En la gráfica 5 podemos observar los datos de las resistencias obtenidos de las muestras de prueba y los datos obtenidos con el decreto 1400. Como ya tenemos el comportamiento de los materiales obtendremos de manera gráfica la nueva relación A/C de 0,48 y se determinaran las proporciones finales para el diseño de mezcla.

Donde se determina la resistencia final de diseño de 21 Mpa o 214 Kg/cm² o 3000 Psi.

Grafica 5

Resistencia a la compresión (Muestras de prueba y decreto 1400)



10.3.1.10.4Proporciones finales en masa.

Una vez determinada la nueva relación A/C la cual es de 0,50 se procede a determinar las cantidades en masa por 1m³ de concreto y estas son las que se indican en la tabla 44.

Tabla 44

Mezcla prepara por 1m³ de concreto.

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Sumatoria
Proporciones	0,50	1,00	2,90	2,20	
en masa seca					
Masa	178,77	357,53	1036,84	786,57	2359,70
material					

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Sumatoria
(Kg/m ³ de concreto)					
Volumen absoluto (dm ³ /m ³ de concreto)	178,77	118,78	406,60	295,64	999,79

Nota. Fuente. Presente estudio.

Para la elaboración de los cilindros los cuales tienen dimensiones de 4x8 Pulgadas (In) se tuvo en cuenta la cantidad de material a usar, por cada fundición. Para esto se llevaron a cabo dos cantidades, una para una fundición correspondiente a una cantidad de 9 cilindros + 1 slump, la otra corresponde a una cantidad de 6 cilindros + 1 slump.

- **Volumen del cilindro.**

Altura: 200 mm = 0,2 m

Diámetro: 100 mm = 0,10 m

$$V = \pi * 0.005^2 * 0.2 = 0,0016 \text{ m}^3$$

Desperdicio 10%

$$V_t = 0,0016 \text{ m}^3 * 1.1 = 0,0017 \text{ m}^3.$$

Imagen 4

Cilindros utilizados en las fundiciones.



Nota. Fuente. Presente estudio.

En la tabla 45 se indican las cantidades para fundir 9 cilindros + 1 slump y en la tabla 46 se indican las cantidades para fundir 6 cilindros + 1 slump.

Tabla 45

Cantidades en masa seca para 9 cilindros de dimensiones de 4x8 Pulgadas (In) + 1 Slump

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso
Proporciones en masa seca	3,7	7,40	21,28	16,50

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 46

Cantidades en masa seca para 6 cilindros de dimensiones de 4x8 Pulgadas (In) + 1 Slump

Descripción	Agua	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso
Proporciones en masa seca	2,70	5,55	15,96	12,38

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.2 Acopio del material.

El acopio del material a utilizar para la mezcla del concreto se realizó en los laboratorios del laboratorista Walter Cortés Ortiz, ubicado Diagonal a Isanet Word en la ciudad de Mocoa - Putumayo. El almacenamiento del agregado fino se realizó en bolsa selladas con el fin de preservar la humedad. El cemento también se almaceno en bolsas selladas para evitar ingreso de humedad y que sus características cambien.

Imagen 5

Acopio y almacenamiento de Agregado Grueso



Nota. Fuente. Presente estudio.

Imagen 6

Acopio y almacenamiento de Agregado Fino.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Imagen 7

Acopio y almacenamiento de Cemento



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.3 Mezcla del concreto con resistencia de 3000 psi.

Para realizar la mezcla de concreto y toma de especímenes se enfatizó según lo estipula la siguiente normativa: NTC 396, NTC 396, NTC 454, NTC 504, NTC 550, NTC 890, NTC 1294, NTC 1299.

Obtenida la dosificación del diseño de mezcla, acopio del material y adecuación del área de trabajo, se procedió a realizar la mezcla de concreto. Para realizar la mezcla del concreto se utilizaron las herramientas y equipos descritos en la tabla 47.

Tabla 47

Herramientas y Equipos Utilizados en las fundiciones.

Herramientas y Equipos Utilizados	
Palustre	
Baldes con capacidad de 10 Litros	
Buggy.	
Trompo - Capacidad de producción 0,5m3.	

Herramientas y Equipos Utilizados

Elementos de Protección

Personal - EPP



Nota. Fuente. Presente estudio.

La mezcla se realizó llevando el siguiente orden al momento de adicionar los materiales, primero se adiciono el agua, luego, el agregado grueso (Triturado de ½”), seguido del cemento (Cemex) y por último agregado fino (arena).

Imagen 8

Realización de mezcla de concreto de 3000 psi.



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.4 Toma de muestra de concreto fresco.

La toma de muestra de la mezcla de concreto fresco se realizó según lo estipulado en la NTC 454 del 2011. Después de realizada la mezcla se procedió a la elaboración de los especímenes los cuales tienen una forma cilíndrica con dimensiones de 4x8 Pulgadas (In) y se usaron las siguientes herramientas y equipos indicados en la tabla 48.

Tabla 48

Herramientas y equipos utilizados para la toma de muestras.

Herramientas y Equipos Utilizados



Palustre, cucharón, baldes, cinta métrica, moldes plásticos y metálicos para la toma de muestras con dimensiones de 4x8 Pulgadas (In), Varilla lisa con punta redonda para Slump, Varilla lisa con punta redonda para toma de muestras de cilindros.

Nota. Fuente. Presente estudio.

Para la toma de muestras y elaboración del concreto se tuvo en cuenta lo siguiente:
Registrar adecuadamente el nombre de quien realiza el ensayo, fecha, temperatura ambiente, estado del clima, resultados del ensayo, procedencia de la arena, grava, agua, cemento, cantidad de EQS, registro de cantidades de agua, arena, grava y cemento.

La toma y conformación de la muestra se realizó en un tiempo máximo de 15 minutos contándolos desde el vaciado de la mezcla al buggy. El ensayo de asentamiento se iniciaba dentro de los 5 minutos posteriores a al vaciado del concreto en el buggy.

Se tuvo gran cuidado con no exponer la mezcla de concreto a la lluvia, ni por tiempos muy prolongados al sol, con el fin de no alterar la mezcla y previniendo la evaporación rápida.

10.3.4.1 Determinar el asentamiento del concreto.

Este ensayo se realizó según lo estipulado por la normativa colombiana NTC 396 de 1992 de la siguiente manera. Este ensayo se realizó en un tiempo de cinco (5) minutos, teniendo en cuenta desde el vaciado del concreto en el buggy hasta el término del ensayo. Para este ensayo se utilizaron las herramientas que se indican en la tabla 49.

Tabla 49

Herramientas utilizadas en el ensayo de asentamiento.

Herramientas	
Cono de Abrams	
Cinta métrica	
Cucharón para concretos	

Herramientas

Varilla lisa de punta
redondeada de 600 mm de
longitud y 16 mm (5/8") de
diámetro



Palustre



Nota. Fuente. Presente estudio.

El proceso se realizó iniciando con humedecer las herramientas y equipos a utilizar, se escogió una base para realizar el ensayo de asentamiento, esta base era firme, nivelada, limpia y no absorbente, esta base fue metálica la cual era la base del cono de abrams.

Se dio inicio al ensayo este se comenzó con el llenado del cono en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de $\frac{1}{3}$ de la altura del cono, la segunda capa de $\frac{2}{3}$ de la altura del cono y la tercera hasta rebosar el cono, a cada capa se le realizaron 25 apisonamientos con la varilla lisa de punta redonda logrando llegar ligeramente a la capa anterior.

Se aseguro el cono de forma en que se sostuvieron los pies encima de los soportes del cono durante todo el ensayo para evitar movimiento. A la primera capa se le realizaron los golpes con la varilla sin golpear el piso. La segunda capa se compacto atravesando ligeramente la

primera capa. La tercera capa se compacta atravesando ligeramente la segunda capa. Esta última capa en ocasiones requería adicionar concreto para lograr el enrase antes de terminar los 25 apisonamientos, al final se enraso desde el centro hacia fuera.

Luego, colocando las manos con firmeza sobre los mangos del cono y aplicando un poco de fuerza hacia abajo mientras se retiraban los pies de la parte inferior del cono, se levantó el cono con un solo movimiento ascendente en un tiempo de 5 ± 2 segundos, sin producir movimientos laterales o de torsión al concreto.

Inmediatamente, se procedió a medir el asentamiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro desplazado de la superficie de la muestra. Este valor, aproximado a 5 a 10 cm, se registró en la bitácora de fundiciones cada uno de los ensayos. En la imagen 9 se indica la realización del ensayo de asentamiento.

Imagen 9

Realización de ensayo de asentamiento



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.5 Elaboración de cilindros.

Este ensayo se realizó a través de la normatividad estipulada por la NTC 550 del 2000. Antes de iniciar con la elaboración de los cilindros los moldes metálicos a utilizar debían estar aseados y aceitados.

El refrendado se realizó según lo establecido en la NTC 504 de 1995 ya que este busca corregir los defectos de planicidad en la toma de la muestra. Los moldes para utilizar se encontraban en una superficie horizontal nivelada y aislada de vibraciones.

Las herramientas utilizadas para realizar la toma de muestras de los cilindros son las que se indican en la tabla 48. Una vez adecuado el lugar para la toma de muestra, las herramientas a utilizar, se procedió a la toma de las muestras de la siguiente manera:

Se inicio la elaboración en un sitio adecuado, llenando el molde en tres capas de igual altura de la siguiente forma:

Se compacto cada capa 25 veces con la varilla redondeada en forma de espiral. Luego de apisonar una capa se golpeó con el martillo de caucho lateralmente de 10 a 15 veces. La varilla en ningún monto golpeo el fondo del molde.

La segunda y la tercera capa se compactaron atravesando aproximadamente 25 mm la capa anterior. La última capa de concreto se enraso con la varilla y con una llana metálica para lograr un mejor acabado.

En la imagen 10 evidencia la toma de muestras de los cilindros de concreto.

Imagen 10

Toma de muestra de cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Posterior a la toma de muestras de los cilindros se realizó el desencofrado después de finalizar las 24 +/- 8 horas, cuidando de no estropear ni golpear la forma cilíndrica de cada espécimen así como se indica en la imagen 11.

Imagen 11

Desencofrado de cilindros



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.6 Curado del concreto.

El curado del concreto se realizó según lo estipula en la norma técnica colombiana NTC 550 del 2000, NTC 890, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Capítulo C.5), este procedimiento se realizó de la siguiente manera.

Una vez tomadas las muestras se ubicaron los cilindros en un sitio adecuado para el curado inicial. Las muestras nunca se ubicaron al aire libre.

10.3.6.1 Curado inicial.

Este curado se realizó por 28 Horas y se realizó en las instalaciones del laboratorio del laboratorista Walter Cortés Ortiz, los cilindros se dejaban en un ambiente fresco libre de humedad, lluvia y sol directamente a si como se evidencia en la imagen 12.

Imagen 12

Curado inicial de cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.6.2 Curado final.

El curado se realizó según las recomendaciones de la norma técnica colombiana NTC 890. Se realizó en tanques de almacenamiento, tanques que se encuentran en las instalaciones del laboratorio del laboratorista Walter Cortés Ortiz. Se realizó con agua limpia cubriendo totalmente todas las superficies expuestas manteniendo los cilindros continuamente húmedos. Después de desencofrados se procedió a curar los cilindros máximos 30 minutos después.

Se debe dejar sumergido el espécimen en agua por un tiempo de 7, 14 y 28 días, el curado se realizó así como indica en la imagen 13.

Imagen 13

Curado final de cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

10.3.7 Marcado de las muestras

Las marcas no alteraron la superficie del concreto, los cilindros se marcaron teniendo en cuenta el número de muestra, fundición, cilindro, resistencia, fecha de función así como indica en la imagen 12.

Imagen 12

Marcado de cilindro.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Las fundiciones realizadas por cada una de las muestras se encuentran en el cronograma de fundiciones.

10.4 Etapa 2 - Resultados.

La etapa 2, consistió en, “Realizar ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del concreto a la compresión a los 7, 14 y 28 días de cada una de las muestras”. Esta etapa se llevó a cabo así como se indica en la tabla 50, donde se indica su etapa general, sus etapas específicas y desarrollo de esta la cual la misma especifica.

Tabla 50*Cuadro sinóptico etapa 2.*

Etapa General	Etapas Especificas	Desarrollo de las Etapas
Realizar ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del concreto a la compresión a los 7, 14 y 28 días de cada una de las muestras.	2. 1 Resultados de ensayo a compresión.	---

Nota. Fuente. Presente estudio.**10.4.1 Resultados - Ensayo a compresión en edad de 7, 14 y 28 días.**

Este ensayo se llevó a cabo según lo estipulado en la NTC 673 del 2010.

Se inicio con retiró de las muestras del curado final dejando fuera del agua por un tiempo de 24 horas aproximadamente, posterior a las 24 horas se procedió a medir la altura y diámetro de cada uno de los cilindros en la parte superior, medio y centro del cilindro, con el finde obtener el área de los cilindros.

El ensayo permitió determinar la resistencia a la compresión que alcanzaron cada una de las muestras a los tiempos de 7, 14 y 28 días.

Los elementos que se utilizaron para el ensayo a compresión se indican en la tabla 51.

Tabla 51*Elementos para ensayo a compresión*

Elemento para ensayo a compresión	
Muestra de concreto (Espécimen)	
Máquina de ensayo - Prensa Hidráulica.	
Pie de Rey	
Almohadillas de Neopreno	

Elemento para ensayo a compresión

Econocap



Nota. Fuente. Presente estudio.

El ensayo se realizó de la siguiente manera; Se ubicaron las muestras en los Econocap, con almohadillas de neopreno, estas se instalaron con el fin de garantizar la distribución uniforme de las cargas aplicadas a la muestra, luego se ubicó el cilindro en la prensa hidráulica, colocando el cilindro centrado y se procedió a fallar el cilindro.

Las muestras se marcaron con la siguiente nomenclatura; M=Muestra, F=Fundición, C=Cilindro, se indicó la fecha de función, resistencia y se indicaba que pertenecía a la tesis con la palabra “Tesis”

10.4.1.1 Resultado - Ensayo a compresión Muestra 1.

De la tabla 52 a la tabla 59 se indican los resultados a compresión obtenidos de la muestra 1.

Tabla 52

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 1.

Cilindro	Resistencia 7 días (Kg/cm2)	Resistencia 7 días (Psi)	Resistencia 14 Días (Kg/cm2)	Resistencia 14 días (Psi)	Resistencia 28 días (Kg/cm2)	Resistencia 28 días (Psi)
1	109,04	2082,66	---	---	---	---
2	103,95	1985,45	---	---	---	---
3	112,56	2149,90	---	---	---	---
4	---	---	150,98	2883,72	---	---
5	---	---	145,89	2786,50	---	---
6	---	---	154,5	2950,95	---	---
7	---	---	---	---	167,76	3204,22
8	---	---	---	---	162,67	3107,00
9	---	---	---	---	171,28	3271,45
Promedio	108,52	2072,67	150,46	2873,72	167,24	3194,22

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 53

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 2.

Cilindro	Resistencia 7 días (Kg/cm2)	Resistencia 7 días (Psi)	Resistencia 14 Días (Kg/cm2)	Resistencia 14 días (Psi)	Resistencia 28 días (Kg/cm2)	Resistencia 28 días (Psi)
1	109,92	2099,47	---	---	---	---
2	104,83	2002,25	---	---	---	---
3	114,44	2185,80	---	---	---	---
4	---	---	152,2	2907,02	---	---
5	---	---	147,11	2809,80	---	---
6	---	---	155,72	2974,25	---	---
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	164,02	3132,78
9	---	---	---	---	172,63	3297,23
Promedio	109,73	2095,84	151,68	2897,02	168,59	3220,01

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 54

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 3.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	109,14	2084,57	---	---	---	---
2	103,53	1977,42	---	---	---	---
3	111,62	2131,94	---	---	---	---
4	---	---	151,11	2886,20	---	---
5	---	---	146,02	2788,98	---	---
6	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	162,81	3109,67
9	---	---	---	---	171,42	3274,12
Promedio	108,10	2064,65	150,59	2876,21	167,38	3196,89

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 55

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 4.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	108,08	2064,33	---	---	---	---
2	102,99	1967,11	---	---	---	---
3	111,60	2131,56	---	---	---	---
4	---	---	149,65	2858,30	---	---
5	---	---	144,56	2761,08	---	---
6	---	---	153,17	2925,54	---	---
7	---	---	---	---	166,28	3175,89
8	---	---	---	---	161,19	3078,67
9	---	---	---	---	169,80	3243,12
Promedio	107,56	2054,33	149,13	2848,31	165,75	3165,90

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 56

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 5.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	110,68	2114,06	---	---	---	---
2	105,59	2016,84	---	---	---	---
3	114,20	2181,29	---	---	---	---
4	---	---	153,25	2927,15	---	---
5	---	---	148,16	2829,94	---	---
6	---	---	156,77	2994,39	---	---
7	---	---	---	---	170,28	3252,39
8	---	---	---	---	165,19	3155,17
9	---	---	---	---	173,80	3319,63
Promedio	110,16	2104,06	152,73	2917,16	169,76	3242,40

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 57

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 6.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	108,90	2080,08	---	---	---	---
2	103,81	1982,86	---	---	---	---
3	112,42	2147,31	---	---	---	---
4	---	---	150,79	2880,11	---	---
5	---	---	145,70	2782,89	---	---
6	---	---	154,31	2947,34	---	---
7	---	---	---	---	167,55	3200,12
8	---	---	---	---	162,46	3102,90
9	---	---	---	---	171,07	3267,35
Promedio	108,38	2070,08	150,27	2870,11	167,02	3190,12

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 58

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 7.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	110,98	2119,77	---	---	---	---
2	105,89	2022,55	---	---	---	---
3	114,50	2187,00	---	---	---	---
4	---	---	153,67	2935,06	---	---
5	---	---	148,58	2837,85	---	---
6	---	---	157,19	3002,30	---	---
7	---	---	---	---	170,74	3261,18
8	---	---	---	---	165,65	3163,96
9	---	---	---	---	174,26	3328,41
Promedio	110,46	2109,77	153,14	2925,07	170,22	3251,19

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 59

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 8.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	111,99	2139,08	---	---	---	---
2	106,38	2031,93	---	---	---	---
3	---	---	155,07	2961,81	---	---
4	---	---	149,46	2854,66	---	---
5	---	---	---	---	172,30	3290,90
6	---	---	---	---	166,69	3183,75
Promedio	109,19	2085,51	152,26	2908,23	169,49	3237,32

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.4.1.2 Resultado - Ensayo a compresión Muestra 2.

De la tabla 60 la tabla 69 se indican los resultados a compresión obtenidos de la muestra 2.

Tabla 60

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 1.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	91,79	1753,19	---	---	---	---
2	86,70	1655,97	---	---	---	---
3	95,31	1820,42	---	---	---	---
4	---	---	127,1	2427,61	---	---
5	---	---	122,01	2330,39	---	---
6	---	---	130,62	2494,84	---	---
7	---	---	---	---	141,22	2697,30
8	---	---	---	---	136,13	2600,08
9	---	---	---	---	144,74	2764,53
Promedio	91,27	1743,19	126,58	2417,61	140,70	2687,31

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 61

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 2.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	91,67	1750,90	---	---	---	---
2	86,58	1653,68	---	---	---	---
3	96,19	1837,23	---	---	---	---
4	---	---	126,92	2424,17	---	---
5	---	---	121,83	2326,95	---	---
6	---	---	130,44	2491,40	---	---
7	---	---	---	---	141,03	2693,67
8	---	---	---	---	135,94	2596,45
9	---	---	---	---	144,55	2760,91
Promedio	91,48	1747,27	126,40	2414,18	140,51	2683,68

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 62

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 3.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	90,73	1732,94	---	---	---	---
2	85,12	1625,79	---	---	---	---
3	---	---	125,62	2399,34	---	---
4	---	---	120,53	2302,12	---	---
5	---	---	---	---	139,58	2665,98
6	---	---	---	---	134,49	2568,76
Promedio	87,93	1679,37	123,08	2350,73	137,04	2617,37

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 63

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 4.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	90,04	1719,75	---	---	---	---
2	84,95	1622,53	---	---	---	---
3	93,56	1786,98	---	---	---	---
4	---	---	124,67	2381,19	---	---
5	---	---	119,58	2283,97	---	---
6	---	---	128,19	2448,42	---	---
7	---	---	---	---	138,52	2645,77
8	---	---	---	---	133,43	2548,55
9	---	---	---	---	142,04	2713,00
Promedio	89,52	1709,75	124,15	2371,19	138,00	2635,77

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 64

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 5.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	88,47	1689,82	---	---	---	---
2	83,38	1592,60	---	---	---	---
3	---	---	122,50	2339,75	---	---
4	---	---	117,41	2242,53		
5	---	---	---	---	136,11	2599,72
6	---	---	---	---	131,02	2502,50
Promedio	85,93	1641,21	119,95	2291,14	133,57	2551,11

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 65

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 6.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	94,05	1796,35	---	---	---	---
2	88,96	1699,13	---	---	---	---
3	97,57	1863,58	---	---	---	---
4	---	---	130,22	2487,25	---	---
5	---	---	125,13	2390,03	---	---
6	---	---	133,74	2554,48	---	---
7	---	---	---	---	144,69	2763,61
8	---	---	---	---	139,60	2666,39
9	---	---	---	---	148,21	2830,84
Promedio	93,53	1786,35	129,70	2477,25	144,17	2753,62

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 66

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 7.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	90,48	1728,23	---	---	---	---
2	85,39	1631,02	---	---	---	---
3	---	---	125,28	2392,94	---	---
4	---	---	120,19	2295,72		
5	---	---	---	---	139,21	2658,82
6	---	---	---	---	134,12	2561,60
Promedio	87,94	1679,63	122,74	2344,33	136,66	2610,21

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 67

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 8.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	93,35	1782,89	---	---	---	---
2	88,26	1685,67	---	---	---	---
3	96,87	1850,13	---	---	---	---
4	---	---	129,25	2468,62	---	---
5	---	---	124,16	2371,40	---	---
6	---	---	132,77	2535,85	---	---
7	---	---	---	---	143,61	2742,91
8	---	---	---	---	138,52	2645,69
9	---	---	---	---	147,13	2810,14
Promedio	92,82	1772,90	128,72	2458,63	143,08	2732,92

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 68

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 9.

Cilindro	Resistencia 7 días (Kg/cm2)	Resistencia 7 días (Psi)	Resistencia 14 Días (Kg/cm2)	Resistencia 14 días (Psi)	Resistencia 28 días (Kg/cm2)	Resistencia 28 días (Psi)
1	90,82	1734,72	---	---	---	---
2	85,21	1627,57	---	---	---	---
3	---	---	125,75	2401,91	---	---
4	---	---	120,14	2294,76		
5	---	---	---	---	139,73	2668,79
6	---	---	---	---	134,12	2561,64
Promedio	88,02	1681,14	122,95	2348,34	136,92	2615,22

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.4.1.3 Resultado - Ensayo a compresión Muestra 3.

De la tabla 69 a la tabla 77 se indican los resultados a compresión obtenidos de la muestra 3.

Tabla 69

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 1.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	94,29	1800,94	---	---	---	---
2	89,20	1703,72	---	---	---	---
3	97,81	1868,17	---	---	---	---
4	---	---	130,55	2493,51	---	---
5	---	---	125,46	2396,29	---	---
6	---	---	134,07	2560,74	---	---
7	---	---	---	---	145,06	2770,65
8	---	---	---	---	139,97	2673,43
9	---	---	---	---	148,58	2837,88
Promedio	93,77	1790,94	130,03	2483,51	144,54	2760,65

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 70

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 2.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	95,85	1830,74	---	---	---	---
2	90,76	1733,52	---	---	---	---
3	100,37	1917,07	---	---	---	---
4	---	---	132,72	2534,95	---	---
5	---	---	127,63	2437,73	---	---
6	---	---	136,24	2602,18	---	---
7	---	---	---	---	147,46	2816,49
8	---	---	---	---	142,37	2719,27
9	---	---	---	---	150,98	2883,72
Promedio	95,66	1827,11	132,20	2524,96	146,94	2806,49

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 71

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 3.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	94,77	1810,11	---	---	---	---
2	89,16	1702,96	---	---	---	---
3	98,77	1886,51	---	---	---	---
4	---	---	131,22	2506,30	---	---
5	---	---	126,13	2409,08	---	---
6	---	---	134,74	2573,53	---	---
7	---	---	---	---	145,8	2784,78
8	---	---	---	---	140,71	2687,56
9	---	---	---	---	149,32	2852,01
Promedio	94,23	1799,86	130,70	2496,31	145,28	2774,78

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 72

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 4.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	94,11	1797,51	---	---	---	---
2	89,02	1700,29	---	---	---	---
3	---	---	130,31	2488,86	---	---
4	---	---	125,22	2391,64	---	---
5	---	---	---	---	144,79	2765,40
6	---	---	---	---	139,70	2668,18
Promedio	91,57	1748,90	127,76	2440,25	142,24	2716,79

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 73

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 5.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	92,65	1769,55	---	---	---	---
2	87,56	1672,33	---	---	---	---
3	96,17	1836,78	---	---	---	---
4	---	---	128,28	2450,15	---	---
5	---	---	123,19	2352,93	---	---
6	---	---	131,80	2517,38	---	---
7	---	---	---	---	142,53	2722,39
8	---	---	---	---	137,44	2625,17
9	---	---	---	---	146,05	2789,62
Promedio	92,12	1759,55	127,76	2440,15	142,01	2712,39

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 74

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 6.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	95,02	1814,89	---	---	---	---
2	89,93	1717,67	---	---	---	---
3	98,54	1882,12	---	---	---	---
4	---	---	131,57	2512,92	---	---
5	---	---	126,48	2415,71	---	---
6	---	---	135,09	2580,16	---	---
7	---	---	---	---	146,19	2792,14
8	---	---	---	---	141,10	2694,92
9	---	---	---	---	149,71	2859,37
Promedio	94,50	1804,89	131,04	2502,93	145,66	2782,14

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 75

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 7.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	94,61	1807,14	---	---	---	---
2	89,52	1709,92	---	---	---	---
3	---	---	131,00	2502,19	---	---
4	---	---	125,91	2404,97		
5	---	---	---	---	145,56	2780,21
6	---	---	---	---	140,47	2682,99
Promedio	92,07	1758,53	128,46	2453,58	143,02	2731,60

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 76

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 8.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	97,45	1861,39	---	---	---	---
2	92,36	1764,17	---	---	---	---
3	---	---	134,94	2577,31	---	---
4	---	---	129,85	2480,09	---	---
5	---	---	---	---	149,93	2863,68
6	---	---	---	---	144,84	2766,46
Promedio	94,91	1812,78	132,39	2528,70	147,39	2815,07

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 77

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 9.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	95,00	1814,57	---	---	---	---
2	89,39	1707,42	---	---	---	---
3	98,00	1871,87	---	---	---	---
4	---	---	131,54	2512,49	---	---
5	---	---	125,93	2405,33	---	---
6	---	---	134,54	2569,79	---	---
7	---	---	---	---	146,16	2791,65
8	---	---	---	---	140,55	2684,50
9	---	---	---	---	149,16	2848,95
Promedio	94,13	1797,96	130,67	2495,87	145,29	2775,03

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.4.1.4 Resultado - Ensayo a compresión Muestra 4.

De la tabla 78 a la tabla 85 se indican los resultados a compresión obtenidos de la muestra 4.

Tabla 78

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 4.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	129,82	2479,63	---	---	---	---
2	124,73	2382,41	---	---	---	---
3	---	---	160,06	3057,07	---	---
4	---	---	154,97	2959,85	---	---
5	---	---	---	---	177,84	3396,75
6	---	---	---	---	172,75	3299,53
Promedio	113,05	2159,28	157,51	3008,46	175,30	3348,14

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 79

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 1.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	129,81	2479,37	---	---	---	---
2	124,72	2382,15	---	---	---	---
3	133,33	2546,60	---	---	---	---
4	---	---	160,04	3056,76	---	---
5	---	---	154,95	2959,55	---	---
6	---	---	163,56	3124,00	---	---
7	---	---	---	---	177,82	3396,36
8	---	---	---	---	172,73	3299,14
9	---	---	---	---	181,34	3463,59
Promedio	129,29	2469,38	159,52	3046,77	177,30	3386,37

Nota. Fuente. Presente estudio.

Tabla 80

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 2.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	132,30	2526,93	---	---	---	---
2	127,21	2429,71	---	---	---	---
3	136,82	2613,26	---	---	---	---
4	---	---	163,11	3115,40	---	---
5	---	---	158,02	3018,18	---	---
6	---	---	166,63	3182,63	---	---
7	---	---	---	---	181,23	3461,49
8	---	---	---	---	176,14	3364,27
9	---	---	---	---	184,75	3528,73
Promedio	132,11	2523,30	162,59	3105,41	180,71	3451,50

Nota. Fuente. Presente estudio

Tabla 81

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 3.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	131,40	2509,74	---	---	---	---
2	125,79	2402,59	---	---	---	---
3	135,40	2586,14	---	---	---	---
4	---	---	162	3094,20	---	---
5	---	---	156,91	2996,98	---	---
6	---	---	165,52	3161,43	---	---
7	---	---	---	---	180	3438,00
8	---	---	---	---	174,91	3340,78
9	---	---	---	---	183,52	3505,23
Promedio	130,86	2499,49	161,48	3084,20	179,48	3428,00

Nota. Fuente. Presente estudio

Tabla 82

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 5.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	127,47	2434,60	---	---	---	---
2	122,38	2337,38	---	---	---	---
3	130,99	2501,83	---	---	---	---
4	---	---	157,15	3001,57	---	---
5	---	---	152,06	2904,35	---	---
6	---	---	160,67	3068,80	---	---
7	---	---	---	---	174,61	3335,07
8	---	---	---	---	169,52	3237,85
9	---	---	---	---	178,13	3402,30
Promedio	126,94	2424,61	156,63	2991,57	174,09	3325,08

Nota. Fuente. Presente estudio

Tabla 83

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 6.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	131,40	2509,74	---	---	---	---
2	126,31	2412,52	---	---	---	---
3	134,92	2576,97	---	---	---	---
4	---	---	162,00	3094,20	---	---
5	---	---	156,91	2996,98	---	---
6	---	---	165,52	3161,43	---	---
7	---	---	---	---	180,00	3438,00
8	---	---	---	---	174,91	3340,78
9	---	---	---	---	183,52	3505,23
Promedio	130,88	2499,74	161,48	3084,20	179,48	3428,00

Nota. Fuente. Presente estudio

Tabla 84

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 7.

Cilindro	Resistencia 7	Resistencia 7	Resistencia 14	Resistencia 14	Resistencia 28	Resistencia 28
	días (Kg/cm2)	días (Psi)	Días (Kg/cm2)	días (Psi)	días (Kg/cm2)	días (Psi)
1	130,74	2497,19	---	---	---	---
2	125,65	2399,97	---	---	---	---
3	---	---	161,19	3078,73	---	---
4	---	---	156,10	2981,51	---	---
5	---	---	---	---	179,10	3420,81
6	---	---	---	---	174,01	3323,59
Promedio	113,87	2174,92	158,65	3030,12	176,56	3372,20

Nota. Fuente. Presente estudio

Tabla 85

Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 8.

Cilindro	Resistencia 7 días (Kg/cm2)	Resistencia 7 días (Psi)	Resistencia 14 Días (Kg/cm2)	Resistencia 14 días (Psi)	Resistencia 28 días (Kg/cm2)	Resistencia 28 días (Psi)
1	116,29	2221,04	---	---	---	---
2	111,20	2123,82	---	---	---	---
3	---	---	161,01	3075,29	---	---
4	---	---	155,92	2978,07	---	---
5	---	---	---	---	178,90	3416,99
6	---	---	---	---	173,81	3319,77
Promedio	113,74	2172,43	158,47	3026,68	176,36	3368,38

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.4.1.5 Resultado - Peso de los cilindros de la muestra 1 y muestra 4.

El Geosil cuando es utilizado como estabilizador de suelo, genera una reducción de poros haciendo que en suelo se compacte más. Por esto se toma la decisión de realizar un pesado de los cilindros de las muestras.

En la tabla 86 se indica el peso promedio de los cilindros correspondientes a la muestra 1, 2, 3 y 4.

Tabla 86

Peso promedio de cilindros de la muestra 1,2,3 y 4.

Peso M1 (Kg)	
C1	3,55
C2	3,53
C3	3,59
C4	3,75

Nota. Fuente. Presente estudio.

10.5 Etapa 3 - Análisis de resultados.

La etapa 3, consistió en, “Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concreto”. Esta etapa se llevó a cabo así como se indica en la tabla 90, donde se indica su etapa general, sus etapas específicas y desarrollo de esta la cual la misma especifica.

Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concretos.

Tabla 87*Cuadro sinóptico etapa 3.*

Etapa General	Etapas Especificas	Desarrollo de las Etapas
Presentar los resultados obtenidos mediante los ensayos de las mezclas de concreto	3.1 Análisis de los resultados. 3.2 Análisis de costos de producción.	--- 3.2.1 Presupuesto.

Nota. Fuente. Presente estudio.

A través de este análisis estadístico se recopilaron los datos obtenidos en la etapa I y II. Esto permitió descubrir patrones y tendencias, representados en gráficas, figuras y demás, con ello se logró realizar una interpretación de los resultados del EQS como aditivo en las muestras de concreto, estas en el tiempo de 7, 14 y 28 días respectivamente.

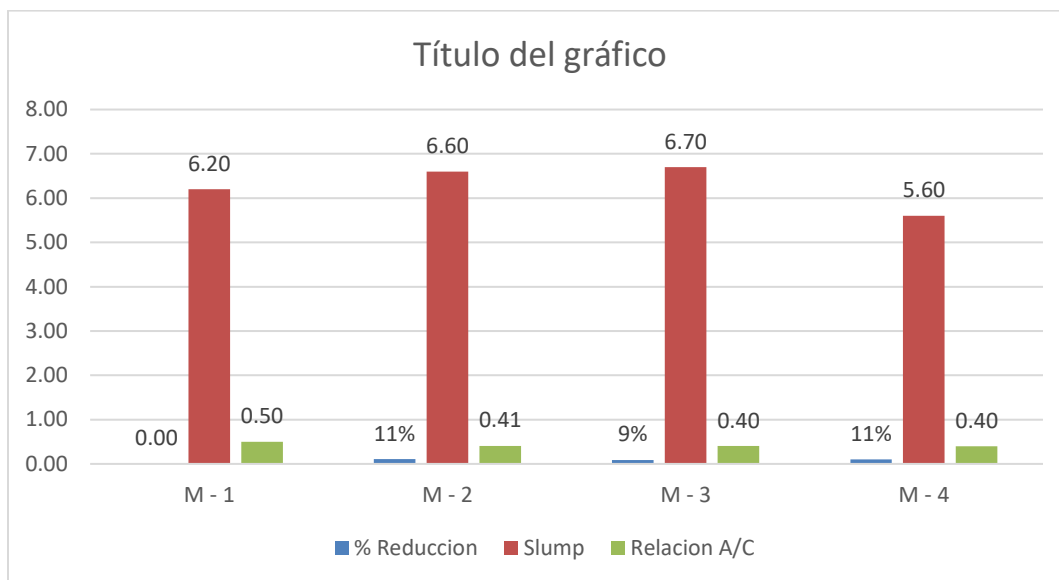
Los análisis se realizaron al ensayo realizado en estado fresco del concreto que fue el ensayo de asentamiento y los análisis del concreto en estado endurecido se realizaron al ensayo de compresión.

En el ensayo realizado al concreto fresco se pudo observar que el aditivo funciona como plastificante, por este motivo se decide realizar reducciones de agua a las muestras en cada una de sus fundiciones, con el finde tener puntos de referencia con respecto la muestra 1, la cual no tenía contenido de Geossil.

En la gráfica 6 se evidencia la comparación entre la muestra 1, 2, 3 y 4 referente a la relación A/C, slump y % de reducción de agua.

Grafica 6

Grafica comparativa de Slump, relación A/C y % de reducción de agua en las muestras.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de la gráfica 6.

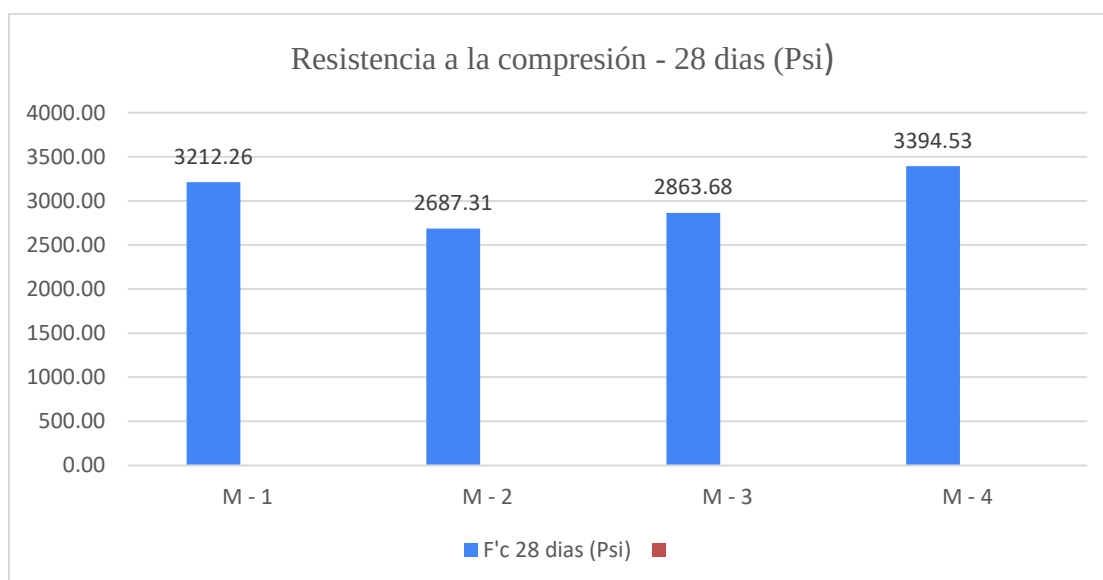
- En la gráfica 6 podemos observar que en la muestra 2 se realizó una reducción de agua de un 11% con respecto a la muestra 1 y con ello se logra tener un slump de 5,60cm el cual es muy similar al slump de la muestra 1 que fue de 6,20cm. Algo similar pasa con la muestra 3 y la muestra 4, donde se obtiene un slump de 6,70cm y 6,10cm con reducción de agua del 9% y 11% con respecto a la muestra 1. De esto concluimos que el Geossil efectivamente funciona como plastificante reductor de agua debido a que aun cuando se le reduce agua puede mantener su manejabilidad.
- Las reducciones de agua se mantienen entre el 9% y el 11% en las muestras 2, 3 y 4. Evidenciando que las cantidades de 125 cc de Geossil por 50kg de cemento para la muestra 2, 60cc de Geossil por 50 kg de cemento para la muestra 3 y 30cc de Geossil

por 50kg de cemento para la muestra 4 generan el mismo efecto de manejabilidad y reducción de agua en la mezcla en la mezcla de concreto.

En la gráfica 7, podemos observar las resistencias a compresión promedio en Psi, de cada una de las muestras alcanzada a los 28 días.

Grafica 7

Resistencia a compresión de la muestra 1, 2, 3 y 4 a los 28 días (Psi)



Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de grafica 7.

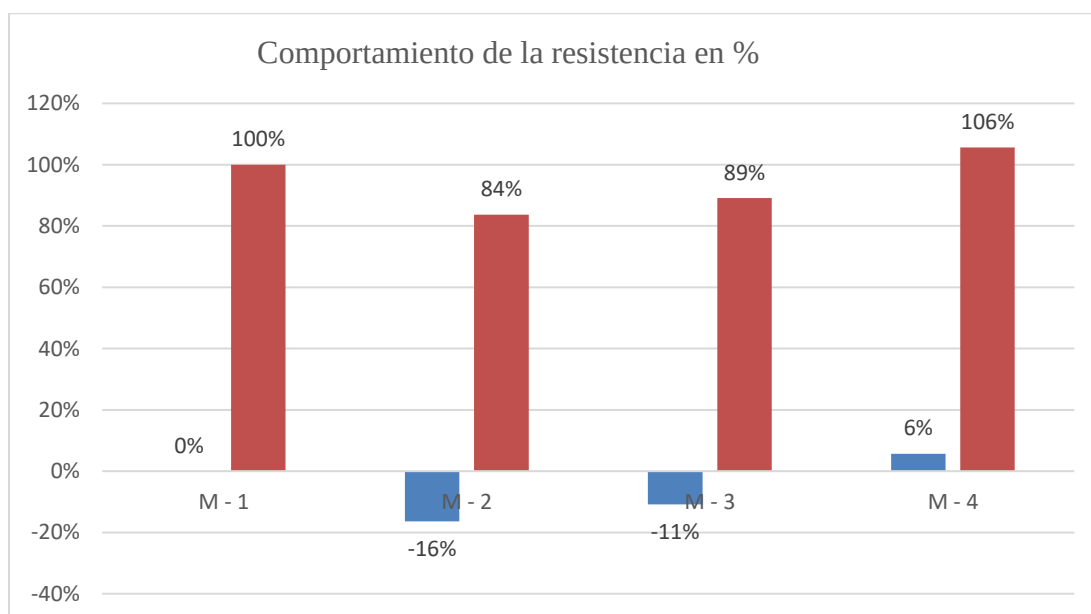
- Se observa que las resistencias disminuyen en las muestras 2 y 3 con respecto a la muestra 1, la cual no tiene contenido de Geossil. La muestra 2 con un contenido de 125 cc de Geossil por 50kg de cemento alcanzo una resistencia a la compresión de 2638,31 Psi a los 28 días y la muestra 3 con un contenido de 60 cc de Geossil por 50kg de cemento alcanzo una resistencia a la compresión de 2863,68 Psi, aunque la

muestra 3 sube un poco su resistencia, ambas no son capaces de conservar la resistencia de la muestra 1, la cual alcanzo una resistencia a la compresión de 3212,2 Psi a los 28 días.

- La muestra 4, con un contenido de 30cc de Geossil por 50 kg de cemento, logro alcanzar una resistencia mayor a que la obtenida por la muestra 1, la resistencia a la compresión que alcanzo la muestra 4 fue de 3394,53 Psi a los 28 días y la resistencia que alcanzo la muestra 1 fue de 3212,2 Psi a los 28 días.

Grafica 8

Comportamiento de la resistencia a compresión en porcentaje con relación a la muestra 1.



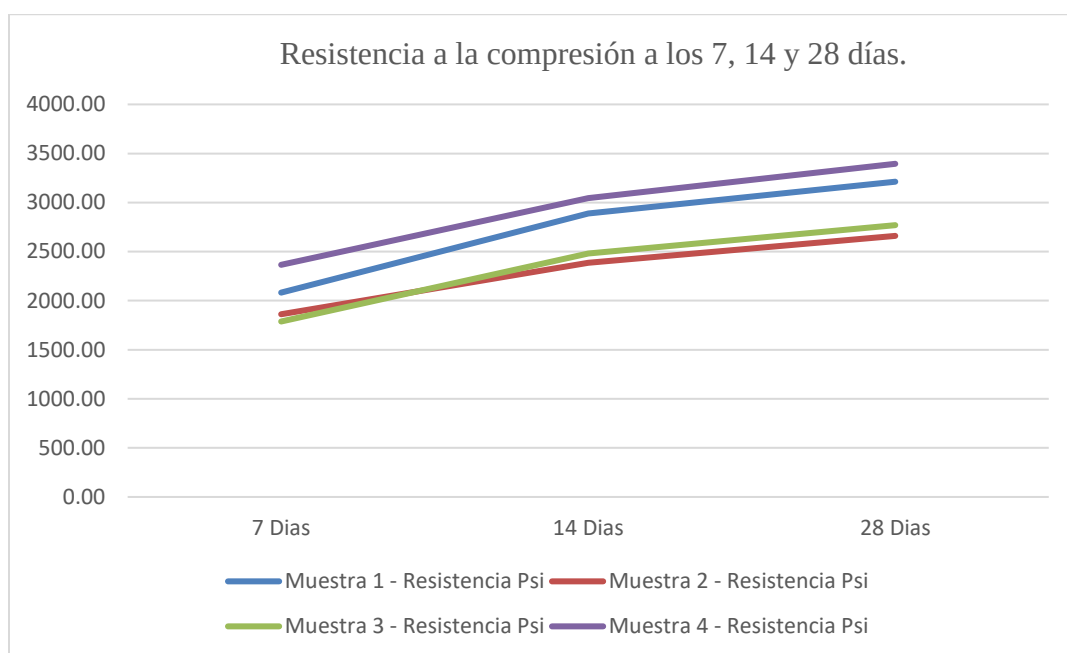
Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de grafica 8.

- Se observa en la gráfica 8 que la muestra 1 alcanzo una resistencia a la compresión del 84% con respecto a la muestra 1 y una reducción en su resistencia a la compresión del 16%, lo mismo paso con la muestra 3 la cual alcanzo una resistencia del 89% y una reducción en su resistencia a la compresión del 11% con respecto a la muestra 1.
- La muestra 4, por otra parte tiene una resistencia del 106% con respecto a la muestra 1, logrando aumentar la resistencia a compresión en un 6%.

Grafica 9

Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de cada muestra.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de la gráfica 9.

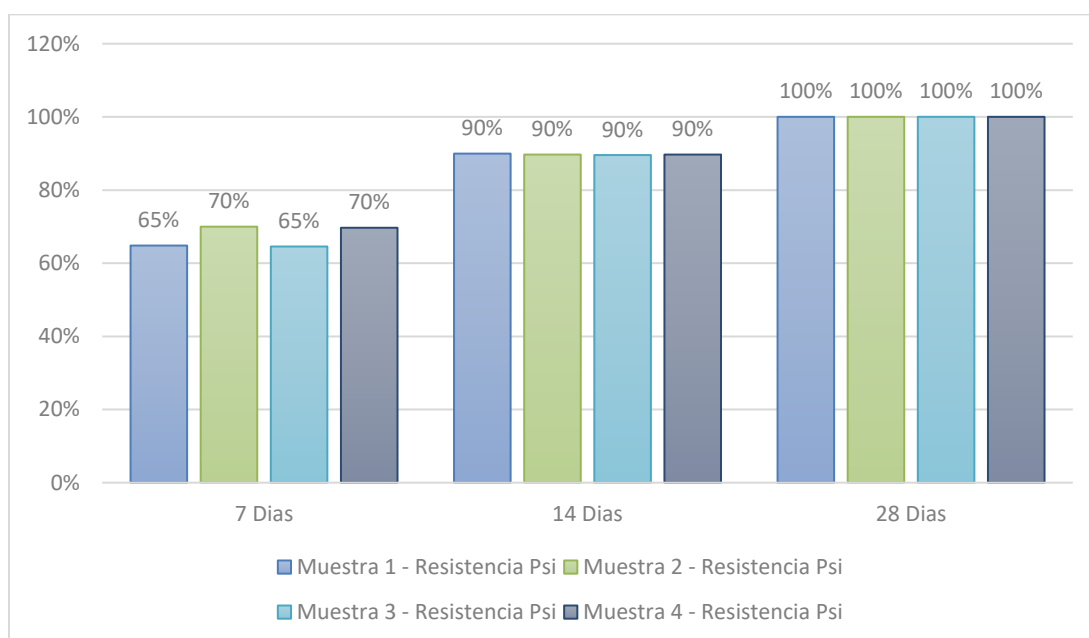
- Observamos que la muestra 2 alcanza un poco más de resistencia a los 7 días que la muestra 3, pero a los 14 y 28 su resistencia es más baja que la obtenida por la muestra 3 a los 28 días. En la muestra 3 se observa lo contrario, mientras su resistencia a la

compresión a los 7 días es menor con respecto a la muestra 2, su resistencia aumente a los 14 y 28 días con respecto a la muestra.

- La muestra 4 alcanza una mayor resistencia que la muestra 1.

Grafica 10

Resistencia a compresión alcanzada en porcentajes a los 7, 14 y 28 días con relación en cada una de las muestras.



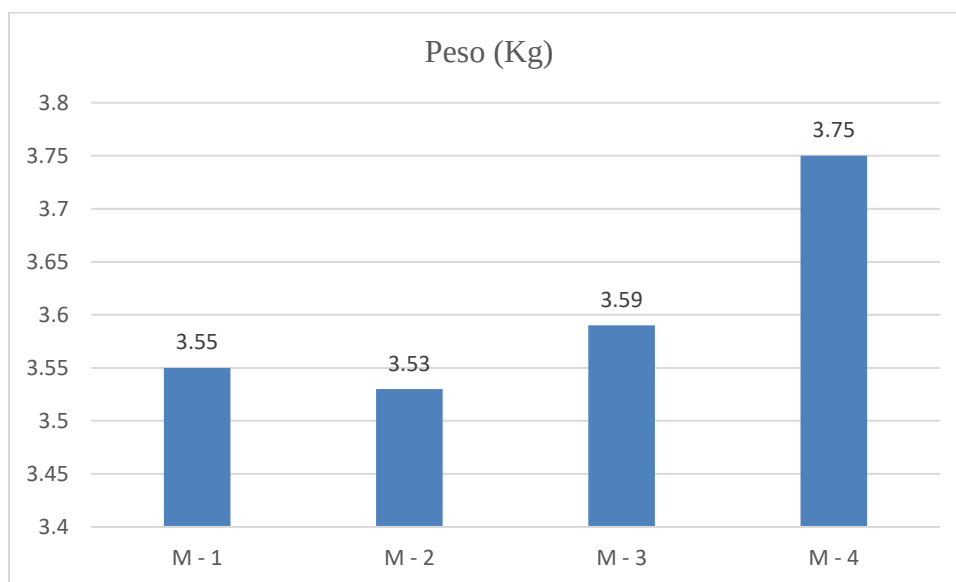
Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de la gráfica 10.

- Se observa que la diferencia está en las resistencias a compresión que alcanzo cada muestra a los 7 días. La muestra 4 y 2, son las muestras que más resistencia a la compresión logran alcanzar con respecto al 100% de su resistencia obtenida a los 28 días, estas logran alcanzar un 70% de su resistencia a los 7 días, mientras que la muestra 1 y 3 logran alcanzar un 65% de su resistencia a la compresión a los 7 días.

Grafica 11.

Peso promedio de la muestra 1, 2, 3 y 4.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Análisis de la gráfica 11.

- El Geosil en suelos reduce poros, haciendo que el suelo se compacte mucho más, algo similar hace que pase en los concretos. En la gráfica podemos observar que el peso promedio de los cilindros de la muestra 1 es de 3,55 Kg. En la muestra 2 y 3 es un 1% mayor que el de la muestra 1, mientras que en la muestra 4 su peso es de 3,75 aumentando su peso en un 6% en referencia a la muestra 1. Haciendo que en la mezcla de concreto los poros se disminuyan y el concreto se compacte más estando más fluida.

10.5.1 3.2 Análisis de costos de producción

Con este análisis se realizó la comparación en el costo beneficio que puede generar la implementación del Geossil en la mezcla de concreto. Este análisis se realizó haciendo la comparación entre los costos y beneficios de producción de la muestra 1 y la muestra 4 que fue la muestra capaz de mantener la resistencia a compresión con referencia a la muestra 1; Y los beneficios y los contras que se puede presentar en cada una de las muestras, esto se indican en la tabla 88.

Se realizo el diseño de mezcla de concreto con resistencia de 3000 psi, con ello se obtuvieron las cantidades en masa seca de los materiales para producir 1m³ de concreto, y a si se pudo determinar los precios unitarios de los costos estimados de producción de la mezcla de concreto con y sin la adición de Geossil.

Tabla 88

Beneficios y contras del Geossil con respecto al costo.

Beneficios del uso de Geossil	Contras del uso de Geossil
Aumenta su manejabilidad y colocación, siendo esto lo más importante debido a que en ocasiones la cantidad de acero que requiere la estructura no deja espacios suficientemente amplios para permitir que el concreto fluya de tal forma que llegue a todas las partes del elemento de la estructura.	Su tiempo en que se altera su trabajabilidad no fue medido así que no podemos dar una observación en este punto. Se hace referencia en esto debido a que en muchos plastificantes su tiempo de trabajabilidad dificulta algunas tareas al momento de colocación del concreto.

Mejora la homogenización de los	
agregados gruesos y finos en el proceso de	---
mezclado.	
Disminuye poros haciendo que en zonas	
húmedas sea más difícil la penetración del	---
agua a la estructura haciendo que su	
duración en el tiempo sea más prolongada.	
Reduce agua en la mezcla de concreto	
entre un 9% y 11%, sin afectar la	---
resistencia de la mezcla.	
Con las mezclas de concreto más	
manejables se pueden obtener mejores	---
acabados evitando hormigueos.	

Nota. Fuente. Presente estudio.

En la imagen 13 se indica el costo directo de producción tiene 1m³ de concreto sin contenido de activo, en la imagen 14 el costo directo de 1m³ de concreto con aditivo de la marca Sika y en la imagen 15 el costo de 1m³ de concreto con aditivo Geossil.

El costo directo de 1m³ de concreto sin Geossil tiene un valor de \$ 620.891,48, el costo directo de 1m³ de concreto con plastificante de la marca SikaPlasMO tiene un valor de \$ 791.739,78 y el costo directo de 1m³ de concreto con aditivo Geossil tiene un valor de \$712.523,92

Imagen 13

Costos directos de producción de 1m³ de concreto sin aditivo.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD			
1	TIPO DE CONCRETO (Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ)		m3	1			
I. EQUIPO							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO		
C0010010	Aspersor manual de 20 litros		\$ 5.000,00	1,00000	\$ 5.000,00		
C0010922	Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros		\$ 3.750,00	1,00000	\$ 3.750,00		
C0010550	Mezcladora de concreto tipo trompo		\$ 6.250,00	1,00000	\$ 6.250,00		
	HERRAMIENTA MENOR (%)			5,00%	\$ 4.336,71		
SUBTOTAL \$					\$ 19.336,71		
II. MATERIALES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO		
B0063290	Emulsion acuosa de parafina para curado de concreto, que evite la pérdida prematura de humedad de concretos y morteros	kg	1,000	\$ 7.904,62	\$ 7.904,62		
B021000	Formaleta de madera para concreto	m2	4,710	\$ 24.522,99	\$ 115.503,28		
B0063200	Agua	L	178,77	\$ 102,10	\$ 18.252,40		
B0053103	Agregado grueso (grava, grava triturada y/o roca triturada)	m3	0,779	\$ 64.000,00	\$ 49.856,00		
B0053101	Agregado fino para concreto (tamaño máximo 4,75mm - arena natural o trituración de roca, gravas, y/o escorias)	m3	0,585	\$ 73.000,00	\$ 42.705,00		
B0103569	Cemento hidráulico NTC 121 tipo UG	kg	358,93	\$ 780,00	\$ 279.961,50		
SUBTOTAL \$					\$ 514.182,80		
III. TRANSPORTES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
T0010400	Transporte de agregados	m3-km	1,36	1,000	1,364	\$ 1.335,53	\$ 1.821,66
SUBTOTAL \$							\$ 1.821,66
IV. MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO	
A0030080	Obrero (8)	\$ 309.333,33	185	\$ 572.266,67	8,00	\$ 71.533,33	
A0040010	Oficial	\$ 65.733,33	185	\$ 121.606,67	8,00	\$ 15.200,83	
SUBTOTAL \$						\$ 86.734,17	
TOTAL COSTO DIRECTO \$						\$ 622.075,33	
V. COSTOS INDIRECTOS							
DESCRIPCIÓN			Porcentaje	Valor Total			
ADMINISTRACION			20%	\$ 124.415,07			
IMPREVISTOS			5%	\$ 31.103,77			
UTILIDAD			5%	\$ 31.103,77			
SUBTOTAL \$						\$ 186.622,60	
Precio Unitario Total Aproximado al Peso \$						\$ 808.698	

Nota. Fuente. Presente estudio.

Imagen 14

Costos directos de producción de 1m3 de concreto con aditivo Sika Fluid.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE AJUSTE		UNIDAD	CANTIDAD		
1	TIPO DE CONCRETO (Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ)			m3	1		
I. EQUIPO							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO		
C0010010	Aspersor manual de 20 litros		\$ 5.000,00	1,00000	\$ 5.000,00		
C0010922	Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros		\$ 3.750,00	1,00000	\$ 3.750,00		
C0010550	Mezcladora de concreto tipo trompo		\$ 6.250,00	1,00000	\$ 6.250,00		
	HERRAMIENTA MENOR (%)			5,00%	\$ 4.336,71		
SUBTOTAL \$					\$ 19.336,71		
II. MATERIALES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO		
B0063290	Emulsion acuosa de parafina para curado de concreto, que evite la pérdida prematura de humedad de concretos y morteros	kg	1,000	\$ 7.904,62	\$ 7.904,62		
B021000	Formaleta de madera para concreto	m2	4,710	\$ 24.522,99	\$ 115.503,28		
B0063200	Agua	L	178,77	\$ 102,10	\$ 18.251,89		
B0053103	Agregado grueso (grava, grava triturada y/o roca triturada)	m3	0,779	\$ 64.000,00	\$ 49.856,00		
B0053101	Agregado fino para concreto (tamaño máximo 4,75mm - arena natural o trituración de roca, gravas, y/o escorias)	m3	0,585	\$ 73.000,00	\$ 42.705,00		
B0103569	Cemento hidráulico NTC 121 tipo UG	kg	358,93	\$ 780,00	\$ 279.961,50		
	Sikafluid	kg	1,795	\$ 26.312,000	\$ 47.220,17		
SUBTOTAL \$					\$ 561.402,46		
III. TRANSPORTES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
T0010400	Transporte de agregados	m3-km	1,36	1,000	1,364	\$ 1.335,53	\$ 1.821,66
SUBTOTAL \$							\$ 1.821,66
IV. MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO	
A0030080	Obrero (B)	\$ 309.333,33	185	\$ 572.266,67	8,00	\$ 71.533,33	
A0040010	Oficial	\$ 65.733,33	185	\$ 121.606,67	8,00	\$ 15.200,83	
SUBTOTAL \$							\$ 86.734,17
TOTAL COSTO DIRECTO \$							\$ 669.295,00

Nota. Fuente. Presente estudio.

Imagen 15

Costos directos de producción de 1m3 de concreto con aditivo Geossil.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE AJUSTE		UNIDAD	CANTIDAD		
1	TIPO DE CONCRETO (Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ)			m3	1		
I. EQUIPO							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO		
C0010010	Aspersor manual de 20 litros		\$ 5.000,00	1,00000	\$ 5.000,00		
C0010922	Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros		\$ 3.750,00	1,00000	\$ 3.750,00		
C0010550	Mezcladora de concreto tipo trompo		\$ 6.250,00	1,00000	\$ 6.250,00		
	HERRAMIENTA MENOR (%)			5,00%	\$ 4.336,71		
SUBTOTAL \$					\$ 19.336,71		
II. MATERIALES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO		
B0063290	Emulsion acuosa de parafina para curado de concreto, que evite la pérdida prematura de humedad de concretos y morteros	kg	1,000	\$ 7.904,62	\$ 7.904,62		
B021000	Formaleta de madera para concreto	m2	4,710	\$ 24.522,99	\$ 115.503,28		
B0063200	Agua	L	178,77	\$ 102,10	\$ 18.251,89		
B0053103	Agregado grueso (grava, grava triturada y/o roca triturada)	m3	0,779	\$ 64.000,00	\$ 49.856,00		
B0053101	Agregado fino para concreto (tamaño máximo 4,75mm - arena natural o trituración de roca, gravas, y/o escorias)	m3	0,585	\$ 73.000,00	\$ 42.705,00		
B0103569	Cemento hidráulico NTC 121 tipo UG	kg	358,93	\$ 780,00	\$ 279.961,50		
	Geosil	kg	0,215	\$ 168.000,00	\$ 36.179,64		
SUBTOTAL \$					\$ 550.361,93		
III. TRANSPORTES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
T0010400	Transporte de agregados	m3-km	1,36	1,000	1,364	\$ 1.335,53	\$ 1.821,66
SUBTOTAL \$							\$ 1.821,66
IV. MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO	
A0030080	Obrero (8)	\$ 309.333,33	185	\$ 572.266,67	8,00	\$ 71.533,33	
A0040010	Oficial	\$ 65.733,33	185	\$ 121.606,67	8,00	\$ 15.200,83	
SUBTOTAL \$							\$ 86.734,17
TOTAL COSTO DIRECTO \$							\$ 658.254,46

Nota. Fuente. Presente estudio.

11. Conclusiones.

- La muestra 1, la cual es considerada la muestra base en esta investigación alcanzo una resistencia a compresión de 3212,26 Psi a los 28 días alcanzando el 100% de su resistencia a compresión, el 65% de su resistencia a compresión a los 7 días con un valor de 2082,11 Psi y a los 14 días alcanzo una resistencia de 2889,48 Psi equivalente al 90%. Esta muestra NO tenía contenido de Geossil, su relación promedio de agua/cemento (A/C) entre las 8 fundiciones realizadas fue de 0,50 con un slump promedio de 6,20cm.
- La muestra 2, tenía un contenido de Geossil de 125cc por 50 kg de cemento, alcanzo una resistencia a compresión de 2660,25 Psi a los 28 días alcanzando el 100% de su resistencia a compresión, el 70% de su resistencia a compresión a los 7 días con un valor de 1861,72 Psi y a los 14 días alcanzo una resistencia de 2385,93 Psi equivalente al 90%. Su relación promedio de agua/cemento (A/C) entre las 9 fundiciones realizadas fue de A/C fue de 0,41 con un slump promedio de 6,60cm.
- La resistencia alcanzada a los 28 días por la muestra 2 en comparación con la muestra 1 fue de un 84% equivalente a una reducción del 16%.
- La muestra 3, tenía un contenido de Geossil de 60cc por 50 kg de cemento, alcanzo una resistencia a compresión de 2769,28 Psi a los 28 días alcanzando el 100% de su resistencia a compresión, el 65% de su resistencia a compresión a los 7 días con un valor de 1787,82 Psi y a los 14 días alcanzo una resistencia de 2480,22 Psi equivalente al 90%. Su relación promedio de agua/cemento (A/C) entre las 9 fundiciones realizadas fue de A/C fue de 0,40 con un slump promedio de 6,70cm.

- La resistencia alcanzada a los 28 días por la muestra 3 en comparación con la muestra 1 fue de un 89% equivalente a una reducción del 11%.
- La muestra 3, tenía un contenido de Geossil de 30cc por 50 kg de cemento, alcanzo una resistencia a compresión de 3394,53 Psi a los 28 días alcanzando el 100% de su resistencia a compresión, el 70% de su resistencia a compresión a los 7 días con un valor de 2365,39 Psi y a los 14 días alcanzo una resistencia de 3044,53 Psi equivalente al 90%. Su relación promedio de agua/cemento (A/C) entre las 8 fundiciones realizadas fue de A/C fue de 0,40 con un slump promedio de 6,10cm.
- La resistencia alcanzada a los 28 días por la muestra 4 fue de 3394,53 Psi, en comparación con la muestra 1 la cual fue de 3212,26 Psi a los 28 días, la muestra 4 presenta un aumento del 6% con respecto a la resistencia a compresión que alcanzo la muestra 1 a los 28 días.
- El Geossil en referencia a su comportamiento como plastificante se comporta de la misma manera cuando se agregan 125cc, 60cc o 30cc por 50kg de cemento. Pero en sus resistencias a compresión cuando se le adiciones 125cc y 60cc sus resistencias se ven afectadas y disminuyen en un 16% y 11%.
- El peso promedio de los cilindros de la muestra 1 fue de 3,55 kg mientras que el de la muestra 4, fue de 3,75 kg un 6% mayor que el peso de la muestra 1, con esto determinamos que la mezcla de concreto se compacta y reduce poros al estar más fluida.
- Producir 1m³ de concreto sin aditivo tiene un valor directo \$ 622.075,33 mientras que producir 1m³ de concreto con Geossil con cantidades de 30cc por 50kg de cemento tiene un costo directo de \$ \$ 658.254,46. En comparación con el aditivo Sika Fluid el

cual tiene un costo de producción por 1m³ de \$ 669.295,00, usar Geossil es \$11.040,53 más económico. Con esto concluimos que Geossil en términos de economía se encuentra dentro de los precios de mercado.

12. Recomendaciones

- Las reducciones de agua mayores al 11% terminan siendo perjudicial para la mezcla de concreto ya que la homogenización de los agregados no era posible, el cemento queda adherido solo al agregado grueso y no hay suficiente agua de mezclado.
- Las condiciones en las que fueron analizadas las muestras de concreto fueron bajo condiciones de laboratorio, el agregado grueso utilizado fue de ½” Pulgada procedente del rio Caliyaco y procesado por la trituradora “Jair Viveros trituradora Caliyaco”, este se lavó, se secó al aire libre y se almaceno. El agregado fino se tamizo por el tamiz #4 para estandarizar los sobre tamaños se llenó en bolsas plásticas para evitar perdida de humedad. El cemento se empaqueto y sello para evitar dañar sus características cementantes, el tipo de cemento siempre fue de uso general, marca CEMEX, tipo 1.
- Utilizar Geossil con el fin de mantener una buena manejabilidad de la mezcla sin cambiar sus propiedades mecánicas debido a que no es necesario adicionar más agua a la mezcla.

13. Referencias bibliográficas.

Nieto (2007), ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS CON ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA: COMPLEMENTACIÓN UTILIZANDO EL ADITIVO GLENIUM 3030 NS EN CONCRETOS AUTONIVELANTES. Obtenido de:
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=AN%C3%81LISIS+COMPARATIVO+DE+CONCRETOS+CON+ADITIVOS+REDUCTORES+DE+AGUA%3A+COMPLEMENTACI%C3%93N+UTILIZANDO+EL+ADITIVO+GLENIUM+3030+NS+EN+CONCRETOS+AUTONIVELANTES&btnG=

Reina, et al (2010), INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO. Obtenido de:
<https://docplayer.es/26815303-Influencia-de-la-tasa-de-aditivo-superplastificante-en-las-propiedades-del-concreto-de-alta-resistencia-en-estado-fresco-y-endurecido.html>

Garcia (2011), DISEÑO O:DE MEZCLA DE CONCRETO DE $f_c = 280 \text{ Kg./cm}^2$ UTILIZANDO ADITIVOS. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/11458/300>

Ocampo y Macias (2015), ESTUDIO A NIVEL COLOMBIA DE LA INFLUENCIA DEL ADITIVO BETTER MIX EN ESTADO FRESCO, SEMI ENDURECIDO Y ENDURECIDO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL. Obtenido de:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=ing_civil

Agudelo y Espinosa (2017), ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE DE TERMOPAIPA. Obtenido de:

Cabana (2017), MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB –RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13375>

Sarta y Silva (2017), ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL CONCRETO SIMPLE Y EL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO AL 4% Y 6%. Obtenido de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0611884c-1efb-4d7d-b6f1-a403b36724a1/content>

Lima (2017), Aplicación de la fibra de polipropileno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ distrito carabaylo, lima 2017. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23114>

Reategui (2018), Influencia del aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante del tramo Lahuarpía – Emilio San Martin, Jepelacio, Moyobamba 2017. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19208>

Núñez y Mamani (2018), INFLUENCIA DEL POLIPROPILENO Y LOS ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE SOMETIDO AL CONGELAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO f_c 210 kg/cm², EN LA ZONA ALTIPLÁNICA 2017. Obtenido de: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3225409>

Moale y Rivera (2019), Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica. Obtenido de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/64884>

Carvajal y Cortes (2019), EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVOS SOBRE LA MEZCLA CONVENCIONAL DE CONCRETO EN MORTEROS DE CEMENTO ART PARA EL AUMENTO DE SU RESISTENCIA. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7707>

Sosa (2019), EFECTO DEL BIOPOLÍMERO EXTRAÍDO DE *Pinus radiata* COMO ADITIVO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HUANCAYO- JUNÍN 2018. obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5692>

Luque (2019), Propiedades Mecánicas del Concreto utilizando Aditivos Fluidizantes en el distrito de Independencia, Lima-2019” obtenido de:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36925#:~:text=https%3A//hdl.handle.net/20.500.12692/36925>

Nonajualca (2020), ESTUDIO DEL CONCRETO CON EL CEMENTO PORTLAND TIPO ICO Y ADITIVO IMPERMEABLE. Obtenido de:

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3266878>

Ortiz, et al (2021), COMPORTAMIENTO DEL MORTERO Y EL CONCRETO HIDRÁULICOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE CAFÉ. Obtenido de:

<https://repository.ucc.edu.co/items/7c1ebb2d-b19b-4500-91d7-620d220d46ab>

PINEDO (2021), ESTUDIO DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS – 2021. Obtenido de:

<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1680>

14. Lista de tablas.

Tabla 1 <i>Marco de Proceso Metodológico, Matriz de Congruencia.</i>	24
Tabla 2 <i>Variables de Estudio, Matriz de Operacionalización.</i>	26
Tabla 3 <i>Normativa de referencia</i>	27
Tabla 4 <i>Asentamientos recomendados para algunos tipos de construcción y sistemas de colocación.</i>	32
Tabla 5 <i>Contenido de Agua según asentamiento esperado y tamaños máximos nominales.</i>	33
Tabla 6 <i>F'cr cuando no hay datos previos de F'c.</i>	35
Tabla 7 <i>Decreto 1400, valores comendados de la relación A/C.</i>	36
Tabla 8 <i>Concretos expuestos a sales.</i>	37
Tabla 9 <i>Concretos expuestos a sulfatos.</i>	38
Tabla 10 <i>Especificaciones granulométricas más utilizadas para agregados grueso según NTC 174.</i>	41
Tabla 11. <i>Especificaciones granulométricas más utilizadas para agregados fino según NTC 174.</i>	42
Tabla 12 <i>Método de Fuller, Curva granulométrica ideal ajustada en referencia al porcentaje que pasa en cada malla.</i>	43
Tabla 13 <i>Método de Weymouth, Curvas granulométrica ideal ajustadas en referencia al porcentaje que pasa en cada malla.</i>	44
Tabla 14 <i>Cuadro Sinóptico General</i>	50
Tabla 15 <i>Valores de Z, e, p y q, para determinar el tamaño de la muestra.</i>	53
Tabla 16 <i>Tamaño de la muestra.</i>	54
Tabla 17 <i>Tabla de dosificación Geossil.</i>	55
Tabla 18 <i>Cantidad de cilindros por muestra.</i>	56

Tabla 19 <i>Cuadro Sinóptico Etapa 1</i>	56
Tabla 20 <i>Densidad aparente del agregado fino – Fuente del material rio Taruca</i>	60
Tabla 21. <i>Porcentaje Retenido Acumulado de agregado fino.</i>	61
Tabla 22. <i>Porcentaje de Absorción del agregado fino.</i>	63
Tabla 23 <i>Porcentaje de absorción del agregado fino.</i>	65
Tabla 24 <i>Masa unitaria suelta del agregado fino.</i>	66
Tabla 25 <i>Características del Agregado Fino.</i>	67
Tabla 26 <i>Densidad aparente del agregado grueso – Fuente del material rio Caliyaco...</i>	69
Tabla 27 <i>Porcentaje retenido total del agregado grueso</i>	70
Tabla 28 <i>Porcentaje que pasa total del agregado grueso.</i>	71
Tabla 29 <i>Porcentaje de absorción – Fuente del material rio Caliyaco.</i>	72
Tabla 30 <i>Porcentaje de absorción de los agregados gruesos.</i>	73
Tabla 31. <i>Masa unitaria suelta del agregado grueso.</i>	74
Tabla 32 <i>Características del Agregado Grueso.</i>	76
Tabla 33 <i>Estudio de Mercado.</i>	78
Tabla 34 <i>Características del cemento</i>	79
Tabla 35 <i>Características del agua</i>	80
Tabla 36 <i>Características del aditivo (Estabilizante químico para suelos EQS).</i>	81
Tabla 37 <i>Tabla de dosificación Geossil</i>	86
Tabla 38 <i>Fuller: Porcentaje ajustado para agregado fino y grueso.</i>	89
Tabla 39 <i>Weymouth: Porcentaje ajustado para agregado fino y grueso.</i>	89
Tabla 40 <i>Masa inicial de los agregados.</i>	90
Tabla 41 <i>Proporciones iniciales para 1m³ de concreto.</i>	91
Tabla 42 <i>Dosificaciones en referencia a juste por asentamiento para 1m³ de concreto...</i>	92
Tabla 43. <i>Resistencia de mezcla de prueba 1 y mezcla de prueba 2.</i>	93

Tabla 44 Mezcla prepara por 1m3 de concreto.....	94
Tabla 45 Cantidades en masa seca para 9 cilindros de dimensiones de 4x8 Pulgadas (In)	
+ 1 Slump	96
Tabla 46 Cantidades en masa seca para 6 cilindros de dimensiones de 4x8 Pulgadas (In)	
+ 1 Slump	97
Tabla 47 Herramientas y Equipos Utilizados en las fundiciones.....	99
Tabla 48 Herramientas y equipos utilizados para la toma de muestras.	101
Tabla 49 Herramientas utilizadas en el ensayo de asentamiento.	102
Tabla 50 Cuadro sinóptico etapa 2.	110
Tabla 51 Elementos para ensayo a compresión	111
Tabla 52 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 1.....	113
Tabla 53 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 2.....	114
Tabla 54 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 3.....	115
Tabla 55 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 4.....	116
Tabla 56 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 5.....	117
Tabla 57 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 6.....	118
Tabla 58 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 7.....	119
Tabla 59 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 1, fundición 8.	120
Tabla 60 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 1.....	121
Tabla 61 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 2.....	122
Tabla 62 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 3.....	123
Tabla 63 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 4.....	124
Tabla 64 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 5.....	125
Tabla 65 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 6.....	126
Tabla 66 Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 7.....	127

Tabla 67	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 8.</i>	128
Tabla 68	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 2, fundición 9.</i>	129
Tabla 69	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 1.</i>	130
Tabla 70	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 2.</i>	131
Tabla 71	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 3.</i>	132
Tabla 72	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 4.</i>	133
Tabla 73	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 5.</i>	134
Tabla 74	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 6.</i>	135
Tabla 75	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 7.</i>	136
Tabla 76	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 8.</i>	137
Tabla 77	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 3, fundición 9.</i>	138
Tabla 78	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 4.</i>	139
Tabla 79	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 1.</i>	140
Tabla 80	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 2.</i>	141
Tabla 81	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 3.</i>	142
Tabla 82	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 5.</i>	143
Tabla 83	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 6.</i>	144
Tabla 84	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 7.</i>	145
Tabla 85	<i>Resistencia a compresión de los cilindros de la muestra 4, fundición 8.</i>	146
Tabla 86	<i>Peso promedio de cilindros de la muestra 1,2,3 y 4.</i>	147
Tabla 87	<i>Cuadro sinóptico etapa 3.</i>	148
Tabla 88	<i>Beneficios y contras del Geossil con respecto al costo.</i>	155

15. Lista de imágenes.

Imagen 1 <i>Agregado Fino.</i>	67
Imagen 2 <i>Agregado Grueso.</i>	77
Imagen 3 <i>Cemento Hidráulico tipo 1, Uso General, Bulto de 50kg</i>	79
Imagen 4 <i>Cilindros utilizados en las fundiciones.</i>	96
Imagen 5 <i>Acopio y almacenamiento de Agregado Grueso</i>	97
Imagen 6 <i>Acopio y almacenamiento de Agregado Fino.</i>	98
Imagen 7 <i>Acopio y almacenamiento de Cemento.</i>	98
Imagen 8 <i>Realización de mezcla de concreto de 3000 psi.</i>	100
Imagen 9 <i>Realización de ensayo de asentamiento</i>	104
Imagen 10 <i>Toma de muestra de cilindros.</i>	106
Imagen 11 <i>Desencofrado de cilindros.</i>	106
Imagen 12 <i>Marcado de cilindro.</i>	109
Imagen 13 <i>Costos directos de producción de 1m³ de concreto sin aditivo.</i>	157
Imagen 14 <i>Costos directos de producción de 1m³ de concreto con aditivo Sika Fluid.</i>	158
Imagen 15 <i>Costos directos de producción de 1m³ de concreto con aditivo Geossil.</i>	159

16. Lista de ecuaciones.

Ecuación. 1	<i>Cálculo del contenido de cemento.</i>	39
Ecuación. 2	<i>Cálculo del contenido de aditivo.</i>	40
Ecuación. 3	<i>Volumen absoluto del material.</i>	45
Ecuación. 4	<i>Volumen absoluto de los agregados.</i>	46
Ecuación. 5	<i>Densidad promedio de los materiales.</i>	46
Ecuación. 6	<i>Masa seca de los agregados.</i>	46
Ecuación. 7	<i>Masa seca de los agregados en relación con el ajuste granulométrico.</i>	47
Ecuación. 8	<i>Proporciones iniciales en masa.</i>	47
Ecuación 9	<i>Tamaño de la muestra para población infinita.</i>	52
Ecuación 10	<i>Gravedad específica del agregado fino.</i>	60
Ecuación 11		60
Ecuación 12	<i>Módulo de finura del agregado fino.</i>	62
Ecuación 13	<i>Volumen de masa + Volumen de vacíos (Bruto)</i>	64
Ecuación. 14	<i>Volumen de masa (Neto)</i>	64
Ecuación. 15	<i>Porcentaje de absorción agregado fino.</i>	64
Ecuación. 16	<i>Masa unitaria suelta del agregado fino.</i>	66
Ecuación 17	<i>Volumen desplazado</i>	69
Ecuación 18	<i>Densidad aparente del agregado grueso.</i>	69
Ecuación. 19	<i>Volumen de masa + volumen de vacíos. (Bruto)</i>	73
Ecuación. 20	<i>Volumen de masa (Neto)</i>	73
Ecuación. 21	<i>Porcentaje de absorción del agregado grueso.</i>	74
Ecuación. 22	<i>Masa unitaria suelta del agregado grueso.</i>	75

17. Lista de figuras.

Figura 1 Ubicación de Colombia en América.	29
Figura 2 Ubicación de Mocoa en el Departamento del Putumayo.	30
Figura 3 Ubicación del área de trabajo - Instituto Tecnológico del Putumayo ITP.....	30
Figura 4 F'_{cr} para diferentes valores de F'_c	34
Figura 5 Decreto 1400, Resistencia a la compresión Vs Relación A/C	37

18. Lista de graficas.

Grafica 1 Resistencia a la compresión Vs A/C, en referencia al decreto 1400.....	83
Grafica 2 Curva granulométrica de los agregados y curva ideal según Fuller y Weymouth.	87
Grafica 3 Método grafico de ajuste granulométrico.	88
Grafica 4 Curva granulométrica ajustada.	88
Grafica 5 Resistencia a la compresión (Muestras de prueba y decreto 1400).....	94
Grafica 6 Grafica comparativa de Slump, relación A/C y % de reducción de agua en las muestras.	149
Grafica 7 Resistencia a compresión de la muestra 1, 2, 3 y 4 a los 28 días (Psi).....	150
Grafica 8 Comportamiento de la resistencia a compresión en porcentaje con relación a la muestra 1.	151
Grafica 9 Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de cada muestra.....	152
Grafica 10 Resistencia a compresión alcanzada en porcentajes a los 7, 14 y 28 días con relación en cada una de las muestras.	153
Grafica 11. Peso promedio de la muestra 1, 2, 3 y 4.	154

19. Anexos.

19.1 Registro Fotográfico

Registro Fotográfico 1

Transporte, Acopio y almacenamiento del Agregado Fino y Grueso.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 2

Lavado, Secado y Empacado del Agregado Grueso.





Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 3

Pesado, Empacado y Sellado del Agregado Fino y el Cemento Cemex Uso General.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 4

Características del Agregado Fino y Agregado Grueso, Densidad Aparente.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 5

Características del Agregado Fino, Modulo de Finura, Granulometría.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 6

Características del Agregado Grueso, Tamaño máximo nominal y Tamaño máximo, Granulometría.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 7

Características del Agregado Fino, Porcentaje de Absorción.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 8

Características del Agregado Grueso, Porcentaje de Absorción.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 9

Características del Agregado Fino y Agregado Grueso, Masa Unitaria Suelta.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 10

Prueba de Asentamiento.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 11

Engrasado de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 12

Elaboración de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 13

Curado Inicial de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 14

Desencofrado de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 15

Marcado de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 16

Curado Final de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 17

Pesado y Medidas de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 18

Ensayo a Compresión en la Prensa Hidráulica.



Nota. Fuente. Presente estudio.

Registro Fotográfico 19

Fallas de Cilindros.



Nota. Fuente. Presente estudio.