



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE LA ADHERENCIA EN LA UNIÓN DE HORMIGÓN
VIEJO CON HORMIGON NUEVO MEDIANTE ADITIVOS**

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: JONATHAN XAVIER CHALÁN GONZÁLEZ

GIOCONDA MABEL SÁNCHEZ MARCA

DIRECTOR: ING. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA

CUENCA-ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

**ESTUDIO DE LA ADHERENCIA EN LA UNIÓN DE HORMIGÓN VIEJO CON
HORMIGON NUEVO MEDIANTE ADITIVOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES: JONATHAN XAVIER CHALÁN GONZÁLEZ.

GIOCONDA MABEL SÁNCHEZ MARCA.

DIRECTOR: ING. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Jonathan Xavier Chalán González portador de la cédula de ciudadanía N.º 1104851793 y Gioconda Mabel Sánchez Marca portador de la cedula de ciudadanía N.º 0107281289. Declaramos ser los autores de la obra: “Estudio de la adherencia en la unión de hormigón viejo con hormigón nuevo mediante aditivos”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 28 de junio del 2023.

F: 

Jonathan Xavier Chalán González

1104851793

F: 

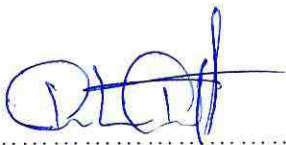
Gioconda Mabel Sánchez Marca

0107281289

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Carlos Julio Cordero Cabrera Mgt con CI: 0103382958 en calidad de director de tesis certifico que el trabajo “Estudio de la adherencia en la unión de hormigón viejo con hormigón nuevo mediante aditivos.”, fue realizado por los estudiantes Jonathan Xavier Chalán González y Gioconda Mabel Sánchez Marca, bajo mi supervisión.

Cuenca, 28 de junio de 2023



Ing. Carlos Julio Cordero Cabrera Mgt.

DIRECTOR.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico principalmente a mis padres, los cuales han sido el pilar fundamental en cada aspecto de mi desarrollo personal, gracias a ellos y su esfuerzo hoy puedo cumplir una meta más; de igual manera agradezco a mis hermanos, mis familiares por el apoyo moral y la motivación brindada día a día desde el inicio al final de mi carrera.

Jonathan Xavier Chalán González.

Dedico este proyecto infinitamente a mi madre Maribel Eulalia Sánchez, que con su esfuerzo, cariño y dedicación me ayudo cada día en este proceso de aprendizaje.

A mi pequeña Mia, que con su inocencia y carisma ha colmado mi vida de momentos increíbles, los cuales han sido el motor y fuerza para no desistir en cada tropiezo.

De igual manera a mi pilar fundamental Andrés, que estuvo desde el inicio de la carrera y ha estado siempre ayudándome a superarme, no permitiendo que me rinda.

Y por último a mis gatitos, que son la luz de mi vida, principalmente Morita, que me acompaño en infinitas noches de desvelo, hasta hoy, culminando con este proyecto.

Gioconda Mabel Sánchez Marca

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro director Ing. Carlos Cordero Cabrera, que con su paciencia y enseñanzas nos ha guiado a través de este proceso de titulación, también un grato agradecimiento al ingeniero laboratorista Ing. Marco González, que nos acompañó a lo largo de toda la práctica de nuestra tesis, mediante consejos y experiencia, nos encaminó de manera eficiente a nuestros objetivos.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, estudia el comportamiento en la resistencia de hormigones, en la unión de viejos con nuevos, mediante el uso de aditivos adherentes, que han sido seleccionados por la disponibilidad comercial en nuestra ciudad. El estudio inicia al conocer las características técnicas de dichos aditivos, su forma de uso y costo, para luego proceder a realizar una dosificación que cumpla los parámetros de resistencia impuestos. Se realiza un corte diagonal en un cilindro de hormigón y se demostrará, si se sigue cumpliendo al unir estos, con las características iniciales que posee el espécimen.

Con la finalidad de analizar el comportamiento de la adherencia de los hormigones, a partir de las muestras, se realiza un corte a 30° para crear un plano de falla en el espécimen a una altura de 7.12 centímetros. Luego, se sumerge en una piscina durante diferentes períodos de tiempo, específicamente 3, 7, 14, 28 y 56 días, para su curado. Después de este proceso de curado, se toma la parte cortada y se coloca en un cilindro. Para proceder, se utilizan de manera eficiente los aditivos seleccionados para la unión y se vierte un nuevo hormigón hasta completar el cilindro.

Los resultados de los ensayos presentan una disminución en la resistencia del 8.37% con Sikadur, el 11.63% con Adibond y con SikaTop 18.14% a los 28 días de curado en las muestras. Siendo notable la diferencia que se presenta en la muestra patrón con una disminución de 22.33%.

Palabras clave: hormigón, resistencia, Sikadur, Adibond, SikaTop.

ABSTRACT

This research investigates the behavior of concrete strength when joining old and new sections using bonding admixtures selected according to their commercial availability in our city. The study begins by understanding these admixtures' technical characteristics, usage, and cost to determine the appropriate dosage that meets the required strength parameters. A diagonal cut is made in a concrete cylinder, and the study evaluates whether the bonded specimen retains its initial characteristics.

In order to analyze the bonding behavior of the concrete, a 30° cut is made to create a failure plane in the specimen at a height of 7.12 centimeters. The specimen is then immersed in water for curing for varying durations, specifically 3, 7, 14, 28, and 56 days. After the curing process, the cut section is placed in a cylinder, and the selected adherent admixtures are efficiently used to pour new concrete until the cylinder is filled.

The test results reveal a decrease in strength of 8.37% with Sikadur, 11.63% with Adibond, and 18.14% with SikaTop after 28 days of curing in the samples. Notably, the standard sample shows a decrease of 22.33%.

Keywords: concrete, strength, Sikadur, Adibond, SikaTop

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS.....	10
CAPÍTULO I.....	11
PROBLEMÁTICA Y GENERALIDADES	11
1.1. Introducción.....	11
1.2. Problema.....	12
1.2.1. Formulación del problema	12
1.2.2. Delimitación del problema	12
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS	15
2.1. Revisión del estado del arte	15
2.1.1. Comparación a nivel internacional.....	15
2.2. Normativa para empleo de aditivos en hormigones	16
2.2.1. Norma ASTM C-881, Standard Specification for Epoxi-ResinsBase Bonding Systems for Concrete, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas)	16

2.2.2.	Norma ASTM C-1059, Standard Specification for Látex Agents Bonding Fresh to Hardened Concrete, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto viejo con concreto nuevo).....	19
2.2.3.	Norma ASTM C-39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, (Método estándar de prueba para fuerza compresiva de especímenes cilíndricos de concreto).....	20
2.2.4.	ACI 503.5R. Requerimiento de desempeño de adhesivos.	20
2.3.	Propiedades del hormigón	23
2.4.	Propiedades de los agregados	23
2.4.1.	Granulometría.....	23
2.5.	Diseño de mezcla para la elaboración del hormigón.....	25
2.5.1.	Método de Fuller – Thompson	26
2.6.	Comportamiento del hormigón a cargas.....	31
2.6.1.	Resistencia a la compresión	31
2.7.	Criterios de selección de aditivos	32
2.8.	Aditivos de adherencia elegidos para los ensayos.....	32
2.8.1.	Sikadur	32
2.8.2.	Adibond.....	33
2.8.3.	SikaTop	34
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		36
2.9.	Características del agregado fino y grueso	37
2.9.1.	Ensayo granulométrico del agregado fino.....	37
2.9.2.	Ensayo granulométrico del agregado grueso	38
2.9.3.	Propiedades físicas del agregado Fino	40
3.1.1.	Propiedades físicas del agregado Grueso	41
3.2.	Tipo de cemento.	42
3.3.	Dosificación del hormigón.	43
3.3.1.	Datos.....	43
3.3.2.	Pesos de material para la dosificación del hormigón.	44
3.4.	Datos técnicos de los aditivos.....	45

3.4.1.	Modo de uso Sika Top 77	45
3.4.2.	Modo de uso Sikadur 32.....	45
3.1.1.	Modo de uso Adibond.....	46
3.3.	Diseño de mezcla de hormigón para unir hormigón viejo y nuevo con aditivos.	46
3.5.1.	Ejecución de ensayos en laboratorio.....	47
3.4.	Proceso de elaboración de probetas.....	51
3.5.	Curado de las muestras obtenidas.....	57
3.6.	Ensayo de resistencia de las probetas	58
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS		59
4.1.	Análisis de resultados	60
4.1.1.	Ensayo de resistencia a compresión del diseño de mezcla patrón	60
4.1.2.	Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la dosificación patrón.....	61
4.1.3.	Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur.	61
4.1.4.	Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur.	63
4.1.5.	Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.....	63
4.1.6.	Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.	65
4.1.7.	Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77.	65
4.1.8.	Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77.	67
4.1.9.	Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo.....	68
4.1.10.	Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo.	69

4.1.11. Comparativa del porcentaje de variación de las resistencias promedio obtenidas entre los ensayos	69
4.1.12. Comparativa el esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima obtenida entre los ensayos	72
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1. Conclusiones.....	76
5.2. Recomendaciones	76
➤ CAPÍTULO VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
CAPÍTULO VII ANEXOS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Requerimientos de desempeño de adhesivos.....	22
Figura 2. Estructura interna del hormigón.	25
Figura 3. Relación entre f'_{cr} y (A/C).	29
Figura 4. Curva de distribución de la resistencia de hormigones.....	31
Figura 5. Curva granulométrica del agregado fino.	38
Figura 6. Curva granulométrica del agregado grueso.	40
Figura 7. Aditivo SikaTop 77.....	45
Figura 8. Aditivo Sikadur.....	46
Figura 9. Aditivo Adibond.	46
Figura 10. Corte a 30° grados.....	47
Figura 11. Esquema del ensayo.....	48
Figura 12. Pesaje de agregado grueso.	52
Figura 13. Proceso de elaboración de los especímenes.....	53
Figura 14. Asentamiento obtenido para el diseño.	53
Figura 15. Varillado de mezcla en los moldes correspondientes.	54
Figura 16. Desencofrado del espécimen.	54
Figura 17. Corte del espécimen a 30°.	55
Figura 18. Corte del espécimen a 30°.	55
Figura 19. Preparación del aditivo.	56
Figura 20. Colocación del aditivo en las muestras.....	57
Figura 21. Curado de especímenes.....	57
Figura 22. Ensayos a compresión (Maquina de compresión).	58
Figura 23. Curva resistencia vs tiempo de la dosificación patrón.....	61
Figura 24. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur..	62
Figura 25. Preparación del aditivo Sikadur.	63
Figura 26. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.....	64
Figura 27. Preparación del aditivo Adibond.	65
Figura 28. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop77.	66
Figura 29. Preparación del aditivo SikaTop.....	67
Figura 30. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, si aditivo.....	69
Figura 31. Comparativa de los porcentajes de variación de las resistencias promedio.	71
Figura 32. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 3 días.	73
Figura 33. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 7 días.	73
Figura 34. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 14 días.	74

Figura 35.Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 28 días. 74

Figura 29.Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 56 días. 75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos técnicos de los aditivos epóxicos	18
Tabla 2. Granulometría para áridos finos.....	24
Tabla 3. Granulometría para áridos gruesos.....	25
Tabla 4. Método Fuller – Thompson, Ajuste granulometría.....	27
Tabla 5. Resistencia promedio a la compresión, cuando no se tiene desviación estándar.....	27
Tabla 6. Resistencia promedio a la compresión, cuando no se tiene desviación estándar.....	28
Tabla 7. Valores de agua de mezclado y contenido de aire para los diferentes asentamientos y tamaño máximo del agregado	28
Tabla 8. Datos técnicos de Sikadur	33
Tabla 9. Datos técnicos de Adibond 1.....	34
Tabla 10. Datos técnicos de SikaTop 77.....	35
Tabla 11. Análisis granulométrico del agregado fino.	38
Tabla 12. Análisis granulométrico del agregado fino.	39
Tabla 13. Características del agregado fino.	41
Tabla 14. Características del agregado fino.	42
Tabla 15. Características del agregado fino y grueso.....	44
Tabla 16. Distribución de probetas.	47
Tabla 17. Dosificación óptima para un m ³ de hormigón para los 3 días.	48
Tabla 18. Dosificación óptima para un m ³ de hormigón para los 7 días.	49
Tabla 19. Dosificación óptima para un m ³ de hormigón para los 14 días.	50
Tabla 20. Dosificación óptima para un m ³ de hormigón para los 28 días.	50
Tabla 21. Dosificación óptima para un m ³ de hormigón para los 56 días.	51
Tabla 22. Resultados ensayo a compresión de 3, 7, 14, 28 y 56 días del diseño patrón.	60
Tabla 23. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo Sikadur.....	62
Tabla 24. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo Adibond.	64
Tabla 25. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo SikaTop 77.....	66
Tabla 26. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón sin aditivo.....	68
Tabla 27. Resultados del porcentaje de variación en los ensayos a compresión.	70
Tabla 28. Resultados de la fuerza en el plano de corte y la resistencia máxima.....	72

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

Las edificaciones civiles importantes en una ciudad, están a cargo en su mayoría, de entidades públicas, las cuales poseen una deficiencia al momento de evitar conflictos futuros y prevención frente a cualquier imprevisto, para que la paralización de estas obras no sea una opción. Sin embargo, se puede notar que, en varias de estas, ni siquiera existe un profesional altamente capacitado a cargo que pueda asesorar y así asegurar la resistencia y durabilidad de la obra civil.

Es por esta razón existen edificaciones inconclusas que ya sea por mal manejo de la persona a cargo o diversos conflictos tanto políticos como sociales, tienden a detener cualquier construcción no solo de índole pública, si no también privada, ocurriendo estos casos en su mayoría por la falta de profesionalismo de ambas partes.

En este proceso en todo el país, el material más utilizado es el concreto, el cual posee propiedades diversas que se debe tener en cuenta, realizando el proceso adecuado para obtener el máximo beneficio, siguiendo normas establecidas y pasos correctos. A pesar de que varias personas involucradas en el ámbito constructivo, conocen los aditivos que ofrece el mercado para mejorar resistencia, permeabilidad, proceso de endurecimiento más rápido, entre otros. Se desconoce mucho el aditivo que sirve para los casos mencionados, que permitirán seguir con una construcción si esta se paralizara, sin afectar en la resistencia de las partes ya construidas, que son los aditivos adherentes, permitiendo unir los hormigones viejos con los hormigones nuevos, y así se pueda evitar cualquier desprendimiento de material y a su vez estos garantizan que el aprovechamiento será más óptimo.

De esta manera la formulación del proyecto investigativo es poner a prueba diferentes tipos de estos aditivos que ayudan con la adherencia, llevando varias muestras sometidas a cargas para probar cada uno de estos y concluir el más efectivo a nivel de costo y también beneficio. Al analizar una amplia lista de documentos que permiten obtener información de los más frecuente al momento de adquirirlos.

En los siguientes apartados se analiza la información bibliográfica y componentes de esto y además los resultados obtenidos en las muestras que fueron unidos gracias a estos aditivos. Las

tablas y graficas demuestran el tiempo que se dedicó para cada muestra y poder cumplir con lo expectante en los objetivos.

1.2. Problema

1.2.1. Formulación del problema

A nivel mundial, el campo de la Ingeniería civil, se ha expandido exponencialmente, siendo el hormigón armado, el material más común a utilizar en esta área. A pesar de tener varias características fundamentales para posicionarse como un material eficiente, existen diversas situaciones por las que una obra puede tener conflictos para su culminación inmediata, como son: políticos, económicos y en su mayoría sociales que ocasionan que las obras se paralizen. Otros factores que contribuyen a la paralización son la mala planificación, la madera de encofrado inadecuada, fracaso presupuestario y factores ambientales. Añadiendo a estos los errores que pueden cometer los profesionales en el diseño o ejecución de la misma. Como resultado, cuando se reinicia la construcción, se tiene que adherir el hormigón viejo y el hormigón nuevo, por lo general este proceso se lo hace sin utilizar ningún aditivo adecuado para la unión de estos. (Valdez, 2016)

1.2.2. Delimitación del problema

Para considerar al hormigón como viejo, es importante que alcance su resistencia máxima, por lo que se dejó secar durante 28 días. Este tiempo permitirá que el hormigón desarrolle su resistencia adecuada antes de realizar las pruebas de adherencia y comparar los resultados entre los hormigones viejos y nuevos con los aditivos seleccionados.

Este enfoque de investigación, está limitado por la unión de hormigones de resistencias iguales, con un ángulo impuesto de 30°, el cual proporcionará información valiosa sobre la influencia de los aditivos (Sikadur, Adibond y SikaTop) en la adherencia de los hormigones y ayudará a tomar decisiones informadas en futuras construcciones para garantizar una opción más eficiente en términos de comportamiento mecánico y adherencia.

Al llevar a cabo esta investigación, los profesionales de la ingeniería podrán acceder a los resultados finales y tomar decisiones informadas sobre qué opción es la más eficiente para evitar problemas en la construcción. Para garantizar el buen desempeño de la estructura, es necesario que el hormigón cumpla con ciertos requisitos. Por lo tanto, se procedió a diseñar adecuadamente las mezclas de hormigón y se obtuvieron muestras cilíndricas en el laboratorio.

1.3. Justificación

Durante las etapas de construcción y post construcción existen diversas situaciones por las que una obra puede tener conflictos para su culminación inmediata, como son: políticos, económicos y en su mayoría sociales que ocasionan que las obras se paralicen. Otros factores que contribuyen a la paralización son la mala planificación, la madera de encofrado inadecuada, fracaso presupuestario y factores ambientales. Añadiendo a estos los errores que pueden cometer los profesionales en el diseño o ejecución de la obra, se puede presentar la necesidad de adherir o ampliar elementos estructurales, para asegurar su duración, su funcionalidad y confort. Esta actividad implica asegurar la adherencia del concreto viejo y nuevo, para tener una resistencia adecuada de las estructuras.

Dada esta razón, con el presente trabajo de titulación, se procura adherir hormigón viejo con nuevo mediante tres tipos de aditivos, para lo cual nos basamos en la normativa ASTM C-881, ASTM C-1059, ASTM C-39 y ACI 503.5R, a nivel nacional en el Ecuador, existen pocos resultados experimentales de la adherencia de hormigón, por ende, se decidió realizar un corte diagonal de 30° en el espécimen para obtener un plano de falla y adherir con el nuevo hormigón.

Se procura obtener a través de varios ensayos la seguridad del comportamiento de los aditivos Sikadur, Adibond y SikaTop, y así, poder recomendar el mejor aditivo, identificando si se modifican las propiedades mecánicas y la resistencia del hormigón al utilizar cada aditivo. Así para quienes se dedique al área de la construcción, con ello puedan tomar las mejores decisiones respecto la unión del concreto antiguo y el nuevo, para garantizar una resistencia adecuada del hormigón, para que las obras civiles tendrán una vida útil apropiada

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento mecánico de la adherencia entre hormigón antiguo y nuevo con y sin el uso de aditivos (Sikadur, Adibond y SikaTop), a través de muestras cilíndricas de hormigón, las mismas sometidas a ensayos de compresión en el laboratorio.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Establecer una dosificación patrón de resistencia de 210 kg/cm² mediante el método de Fuller.
- ❖ Realizar ensayos de resistencia a compresión de las muestras cilíndricas de hormigón a los 3, 7, 14, y 28 días, para determinar los efectos que produce la adherencia del hormigón antiguo y nuevo con y sin aditivo.
- ❖ Analizar la variación que existe en la resistencia a la compresión, de las diferentes muestras de hormigón debido a su adherencia.
- ❖ Determinar si el uso de aditivos influye o no, en la adherencia del hormigón y afecta a la resistencia final del hormigón.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Revisión del estado del arte

Las construcciones civiles actualmente, se encuentran edificadas por diferentes tipos de hormigones, los cuales se presentan debido a una mezcla diseñada específicamente para cumplir con las necesidades de la obra que se lleva a cabo. De esta manera se optimiza recursos, tiempo y se garantiza la durabilidad deseada. Dentro de todo este proceso, el uso de aditivos varios que se utilizan para facilitar el proceso de endurecimiento, mejorar resistencia, hacerlo más permeables y en el caso del siguiente estudio, que se utilizó aditivos adherentes para mejorar las condiciones en la unión de hormigón nuevo con hormigón viejo, han sido utilizados de manera frecuente de acorde a sus necesidades. Por esta razón la recopilación de datos de los estudios realizados en diferentes lugares, es imprescindible para la comprensión en la importancia del mismo.

2.1.1. Comparación a nivel internacional

En el proyecto realizado por Valdez Rodríguez Luis, en el cual se evaluó la resistencia de la adherencia utilizando diferentes aditivos. Según los resultados obtenidos en ese proyecto, al utilizar Sikadur se logró una resistencia de 226,53 kg/cm² en el proceso realizado a un ángulo de 45°. Esta resistencia es significativamente superior a la obtenida con Colma Fix 32, que fue de 180,7 kg/cm². Además, se menciona que el resultado más desfavorable se obtuvo al utilizar solo cemento, con una resistencia de 138,7 kg/cm². Estos resultados indican que el aditivo Sikadur proporcionó una mejora notable en la resistencia de adherencia en comparación con otros aditivos y con el uso exclusivo de cemento. Esto respalda la importancia de seleccionar adecuadamente los aditivos en el diseño de mezclas de hormigón para mejorar la adherencia y el comportamiento mecánico. (Valdez, 2016)

Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en el proyecto de Valdez Rodríguez Luis y pueden variar dependiendo de las condiciones específicas de cada experimento y los materiales utilizados. Sin embargo, los resultados favorables obtenidos respaldan la relevancia de continuar investigando y utilizando aditivos adecuados para mejorar la adherencia en los hormigones.

Ninaquispe Portilla Marco en su proyecto dice que los cilindros con junta diagonal a compresión y junta vertical a tracción indirecta mostraron una gran pérdida de resistencia, alcanzando hasta un 30% de pérdida en el caso de la junta diagonal y un 42% en el caso de la junta vertical. Esta pérdida de resistencia fue mayor con tiempos prolongados de formación de la junta y edades tempranas de la probeta. Aunque el epóxico Chema Epox Adhesivo 32 mostró una buena propiedad de adherencia, no cumplió con el requisito de proporcionar baja permeabilidad en reparaciones de estructuras que contienen líquidos y están sometidas a presión. En cuanto a la resistencia a compresión y flexión de los adhesivos, los resultados mostraron que el Poxbak 1580 fue superior al Sikadur 32 en un máximo de un 5% en resistencia a compresión y un 2% en resistencia a flexión. Estos resultados confirman las hipótesis planteadas. (Ninaquispe, 2020)

Dalmiro Curi, indica que no se encontró una diferencia significativa en la resistencia a la compresión al utilizar epóxico adherente Sikadur 32 Gel en la unión entre concreto antiguo y nuevo. Además, se menciona que esta conclusión respalda la teoría presentada por Valdez en 2016, que investigó la adherencia en la unión de hormigón nuevo con hormigón viejo en vigas de hormigón sometidas a flexión. Según la teoría de Valdez, los valores obtenidos muestran diferencias mínimas y, por lo tanto, se pueden utilizar materiales como leche de cemento, Colma Fix 32 y Sikadur 32 Gel como junta de adherencia entre el hormigón nuevo y el hormigón antiguo, pero en sus recomendaciones, sobresale Sikadur a nivel de precio. (Curi, 2018)

2.2. Normativa para empleo de aditivos en hormigones

Normas ASTM: La American Society for Testing and Materials (ASTM) ha desarrollado normas reconocidas internacionalmente para la adhesión de aditivos en el hormigón. Dos normas relevantes son:

2.2.1. Norma ASTM C-881, Standard Specification for Epoxi-ResinsBase Bonding Systems for Concrete, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas)

El alcance que pueda tener esta norma se refiere a que el método cubre la determinación de la fuerza del sistema a base de resina para el uso de cemento Pórtland. Este método trata de asegurar el endurecimiento del concreto viejo con el concreto recientemente mezclado. La especificación cubre los dos componentes que se vinculan a una resina epóxica utilizada en

juntas de concreto de cemento-portland, se puede utilizar en superficies húmedas. Es importante hacer notar el peligro que puede representar a la persona que manipule dichas resinas ya que debe de tenerse especial cuidado con las indicaciones de uso y manipulación del producto. (ASTM C-881, 2014)

2.2.1.1. Clasificación de los aditivos epóxicos

El estándar ASTM C-881 clasifica los adhesivos epóxicos en siete tipos, cada uno diseñado para diferentes aplicaciones y usos específicos:

- TIPO I: Se utiliza para pegas no estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido, así como para adherir otros materiales. También puede ser utilizado como ligante en morteros y concretos epóxicos.
- TIPO II: Está destinado a pegas no estructurales de concreto fresco a concreto endurecido. Es útil para unir concreto recién vertido a superficies previamente endurecidas.
- TIPO III: Se emplea para adherir materiales antideslizantes a concreto endurecido, y también puede utilizarse como ligante en morteros y concretos epóxicos que se apliquen en superficies resistentes al tráfico o sujetas a movimientos térmicos o mecánicos.
- TIPO IV: Diseñado para pegas estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales. Además, puede funcionar como ligante en morteros y concretos epóxicos.
- TIPO V: Se utiliza para pegas estructurales de concreto fresco a concreto endurecido. Es especialmente adecuado para unir concreto fresco a superficies previamente endurecidas.
- TIPO VI: Este tipo de adhesivo epóxico está destinado a pegar y sellar segmentos prefabricados que contienen tendones internos. También se usa en procesos de tensado por etapas cuando se aplica postensado temporal.
- TIPO VII. Para su uso como sellante no estructural en segmentos prefabricados cuando postensionamiento temporal no es aplicado.

La clasificación según los tipos en el estándar ASTM C-881 ayuda a especificar y seleccionar el adhesivo epóxico adecuado para una aplicación particular, considerando las características y requerimientos específicos de cada proyecto o trabajo de construcción. Cada tipo de adhesivo

tiene propiedades y comportamientos distintos, lo que permite una mayor versatilidad en su uso y aplicación en diferentes escenarios de construcción.

2.2.1.2. Datos técnicos de los aditivos epóxicos

Datos técnicos	
Cumple norma ASTM C-881, tipo II, Grado 2, clase B y C.	
Color:	Gris Claro
Consistencia	Viscosa media
Densidad de la mezcla:	1,36 kg/l \pm 0,05 kg/l
Relación de la mezcla:	en peso y en volumen A:B = 2: 1
Vida en el recipiente:	Versión normal
Tiempos aproximados:	3 kg a 10°C = 80 min a 20°C = 40 min
Resistencias mecánicas:	(7 días a 21°C) Versión Normal
Compresión	(ASTM D 695): 740 kg/cm ²
Adherencia a la tensión (ASTM C 1583):	>30 kg/cm ² (falla el concreto)
Módulo de elasticidad (ASTM D 695):	17000 kg/cm ²
Absorción de agua (ASTM D 570):	0.45% a 1 día.
Temperatura de deflexión HDT (ASTM D 648):	36,7°C
Contenido VOC (gr/l):	< 70
Temperatura del sustrato:	Mínima: 5°C Máxima: 40°C

Tabla 1 Datos técnicos de los aditivos epóxicos

Fuente: (ASTM C-881, 2014)

2.2.1.3. Aplicaciones de los aditivos epóxicos

Los adhesivos epóxicos (E) son ampliamente utilizados como adhesivos poliméricos debido a sus excelentes propiedades de adhesión y su capacidad para adherirse a una amplia variedad de sustratos. Están compuestos principalmente por una resina epóxica, un agente curador de amina o poliamida, diluyentes reactivos, y en algunos casos, llenantes inorgánicas y agentes tixotrópicos. Algunas de sus características y aplicaciones clave que se debe cumplir según la Normativa ASTM C-881 son:

- Excelente adhesión: Los adhesivos epóxicos tienen una alta adhesión debido a su baja contracción de curado, baja tensión superficial y propiedades moleculares que les

permiten atraer diferentes sustratos. Son particularmente adecuados para la adherencia al concreto debido a su tolerancia a la alcalinidad.

- **Amplio rango de temperaturas:** Pueden ser formulados para curar a temperaturas extremadamente bajas (-18°C) o altas (38°C), lo que les permite ser utilizados en diversas condiciones climáticas y situaciones específicas.
- **Medición y mezcla precisa:** La mayoría de los epóxicos tienen una baja proporción de resina/agente curador, lo que permite una medición y mezcla precisa, especialmente cuando se utilizan equipos automáticos.
- **Adhesión bajo el agua:** Algunos adhesivos epóxicos cumplen con la especificación ASTM C 881 y pueden curar y adherirse bajo el agua, lo que los hace útiles en aplicaciones sumergidas.
- **Resistencia a productos químicos:** Los adhesivos epóxicos son resistentes al ataque de ácidos, aceites, álcalis y solventes. (ASTM C-881, 2014)

2.2.2. Norma ASTM C-1059, Standard Specification for Látex Agents Bonding Fresh to Hardened Concrete, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto viejo con concreto nuevo).

Estas especificaciones cubren la utilización de agentes Látex, especiales para aplicarse con una escoba o con spray, para unir concreto fresco con concreto viejo. Son especiales para unir concreto con superficies internas, piso, carreteras, superficies de puentes, rampas.

2.2.2.1. Tipos de agentes adherentes

Los agentes adherentes látex se utilizan como adhesivos para diferentes aplicaciones en la construcción. Existen dos tipos principales de agentes adherentes látex:

- **Agentes adherentes látex Tipo I (re-emulsionables):** Este tipo de látex está diseñado para ser utilizado sin formulación adicional y su uso se restringe a trabajos en interiores que no estén sujetos a inmersión en agua o alta humedad. Los tipos de látex utilizados en estos adhesivos son acetato de polivinilo (PVA) y copolímeros de vinil acetato (VAC). Estos adhesivos son apropiados para pegar concreto fresco a concreto endurecido y ocasionalmente para la unión de concreto endurecido a endurecido.
- **Agentes adherentes látex Tipo II (no re-emulsionables):** Los adhesivos látex Tipo II están diseñados para ser utilizados en forma de lechada con cemento hidráulico,

especialmente cemento Portland. Cumplen con las especificaciones ASTM C-1059. Estos adhesivos son apropiados para aplicaciones en áreas sometidas a alta humedad o inmersión en agua. También son adecuados para otros usos. Los tipos de látex utilizados en los adhesivos látex Tipo II son éster poliacrílico (PAE) y copolímeros de estireno butadieno (SB).

En resumen, los adhesivos látex Tipo I son utilizados para trabajos en interiores con condiciones de humedad moderada y sin inmersión en agua, mientras que los adhesivos látex Tipo II se emplean en áreas con alta humedad o inmersión en agua. Ambos tipos se utilizan comúnmente para pegar concreto fresco ha endurecido y, en el caso del Tipo II, ocasionalmente para unir concreto endurecido ha endurecido. Los látex utilizados en cada tipo de adhesivo son diferentes y se seleccionan según las propiedades requeridas para cada aplicación específica.

2.2.3. Norma ASTM C-39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, (Método estándar de prueba para fuerza compresiva de especímenes cilíndricos de concreto).

Esta norma proporciona los procedimientos y consideraciones que debemos tener a la hora de elaborar el ensayo para evaluar la calidad de concretos ya endurecidos mediante un método de testeo el cual se realiza aplicando una carga axial y perpendicular al área transversal de un cilindro de concreto, previamente preparado y nivelado de los extremos para corregir las imperfecciones que el cilindro pueda presentar con ello se logra una perpendicularidad ya antes mencionada y la distribución de carga uniforme.

2.2.4. ACI 503.5R. Requerimiento de desempeño de adhesivos.

Se establece diferentes requerimientos de resistencia de adherencia para distintos tipos de adhesivos epóxicos utilizados en diversas aplicaciones. Los tipos I y IV, que se consideran adhesivos epóxicos no estructurales y estructurales, respectivamente, tienen un requerimiento mínimo de resistencia de adherencia de 10 MPa. Por otro lado, los tipos VI y VII, también adhesivos epóxicos, deben tener una resistencia mínima de adherencia de 7 MPa.

La diferencia entre estos tipos radica en su temperatura de servicio admisible. Los adhesivos epóxicos estructurales, como el tipo IV, deben cumplir con una temperatura de deflexión

mínima (HDT) de 50°C, lo que significa que pueden soportar temperaturas más altas en comparación con los adhesivos no estructurales.

Los adhesivos poliméricos, incluidos los adhesivos látex, proporcionan una mejor adherencia entre concreto fresco o plástico y concreto endurecido en comparación con el cemento o la lechada cementosa. Los adhesivos poliméricos se contraen menos durante el curado y pueden tolerar un rango más amplio de condiciones de humedad en el concreto plástico y en el sustrato endurecido. En cuanto al espesor de la línea de pega, las superficies rugosas tienen una mayor área superficial que las lisas, lo que afecta los rendimientos de los adhesivos epóxicos. Para adhesivos látex, el espesor máximo de la línea de pega depende de su viscosidad.

En términos de resistencia de adherencia, los adhesivos epóxicos generalmente proporcionan una mayor resistencia en comparación con los adhesivos látex. Por ejemplo, para la pega de concreto fresco a concreto endurecido, un adhesivo epóxico tipo II (no estructural) o tipo V (estructural) debe cumplir con una resistencia mínima de adherencia en plano inclinado de 10.3 MPa según ASTM C 881. En contraste, los adhesivos látex tipo I tienen un requerimiento mínimo de 2.8 MPa, y los adhesivos látex tipo II deben tener al menos 8.6 MPa de resistencia de adherencia según ASTM C 1059. Estas diferencias en los requerimientos de resistencia y las características de los diferentes tipos de adhesivos permiten seleccionar el producto más adecuado para cada aplicación específica en la construcción. (ACI 503.5R, 1992)

Tabla Guía Rápida de Referencia, ACI 503.5R:

REQUERIMIENTOS DE DESEMPEÑO DE ADHESIVOS						
Condiciones para el uso de adhesivos	RESISTENCIA EN PRUEBAS DE ADHERENCIA ASTM C 882		RESISTENCIA AL AGUA		RESISTENCIA A LA TEMPERATURA	
	Sobre 2000 psi (13.8 MPa)	Por debajo 2000 psi (13.8 MPa)	Humedad	Sumergido	Por debajo 0 °C	Sobre 49 °C
Concreto plástico a concreto curado	E	E, SB, PVA PAE, VAC	E, PAE, SB VAE	E	E, A, SB, PA	E, A, SB, PA
Concreto curado a concreto curado	E, P, M	E, P, M, PP S	E, P, M, PP PP	E, P, M, PP	E, P, M, PP, S	E
Concreto fisurado	E, P, M	E, P, M, SB PAE	E, P, M	E, P, M	E, P, M	E
Concreto curado a otros materiales con similar CET y ME	E, P, M	E, P, M, PP S	E, P, M	E, M	E, P, M	E, P, M
Concreto curado a otros materiales con disímiles CET y ME	E, PP	E, PP, S	E, PP	E, PP	E, PP	E, PP
Anclajes	E, P, M	E, P, M	E, P, M	E, P, M	E, P, M	E, P, M

Abreviaciones:
 E: Epóxico
 P: Poliéster
 M: Monómero de metilmetacrilato
 PP: Polifulsuro y Poliuretano
 S: Silicona
 PAE: Látex acrílico
 SB: Látex estireno butadieno
 PVA: Látex acetato de polivinilo
 VAC: Látex copolímero de vinil acetato
 CET: Coeficiente de expansión térmica
 ME: Módulo de elasticidad

Figura 1 Requerimientos de desempeño de adhesivos.

Fuente: (ACI 503.5R, 1992)

Cuando se lista un tipo particular de adhesivo como idóneo para un requerimiento de adherencia, esto indica que los productos adhesivos de ese tipo cumplen los requerimientos mínimos de resistencia de adherencia establecidos por las normas o especificaciones. Sin embargo, esto no garantiza que todos los adhesivos de ese tipo cumplan con otros requisitos específicos de aplicación o desempeño en una obra particular.

La tabla que enumera los diferentes tipos de adhesivos y sus aplicaciones tiene el propósito de proporcionar una guía general al diseñador o profesional de la construcción para seleccionar el tipo de adhesivo más adecuado para una determinada aplicación. Pero es importante tener en cuenta que las condiciones y requerimientos pueden variar entre proyectos y usos específicos. Por lo tanto, el diseñador debe verificar que el producto adhesivo específico seleccionado cumpla con todos los requisitos de desempeño y aplicación necesarios para el proyecto en particular. Esto implica revisar las especificaciones técnicas del adhesivo, las recomendaciones

del fabricante, las normas aplicables y cualquier otra consideración relevante para asegurarse de que el adhesivo seleccionado sea apropiado y seguro para su uso en la obra específica.

2.3. Propiedades del hormigón

El hormigón, al igual que diversos materiales pétreos, posee una alta resistencia a compresión, pero a pesar de esto, su resistencia es baja a tensión. Este al ser una combinación de arena, grava, u otros agregados que son unidos debido a la pasta formada por cemento y agua, en varias ocasiones, se le añade una serie de aditivos que irán de acorde a la situación o necesidad requerida, modificando o alterando de esta manera las propiedades implícitas que posee este material. (Mc Cormac, 2011).

Es fundamental comprobar que:

- Los agregados cumplan con la norma NTC 174 (ASTM C33, INEN NTE 872).
- El cemento cumpla con la norma NTC 121 (ASTM C1157) y NTC 321 (ASTM C150)
- El agua cumpla con la norma NTC 3459
- Los aditivos cumplan con la norma NTC 1299
- Las adiciones cumplan con la norma NTC 3493

En caso de que no se cumplan las normas, deben verificarse su efecto final en las mezclas.

2.4. Propiedades de los agregados

2.4.1. Granulometría

Se considera a la granulometría como una propiedad fundamental e imprescindible de los materiales granulares que serán utilizados en la mezcla del hormigón, afectando directamente a sus características mecánicas, que a su vez será proporcional a la distribución en el tamaño de partículas dentro de la muestra. Para las diferentes obras civiles que son construidas diariamente, en las cuales el uso frecuente de materiales granulares es insustituible, este parámetro optimiza el comportamiento de la estructura. (Ovalle, 2013)

Así, es de gran importancia que dicha granulometría tenga una relación mínima en el porcentaje de vacíos, con el fin de maximizar la resistencia y rigidez de los materiales usados en nuestra mezcla. (Ovalle, 2013). La granulometría usada en el presente, fue considerada como optima

basada en el estudio de Fuller y Thompson, que se describirá a mayor detalle en los capítulos siguientes.

2.4.1.1. Especificación granulométrica para áridos finos

Las especificaciones impuestas para el tamizado se lo debe realizar a través de las siguientes mallas, impuestas por la normativa mencionada.(INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2011)

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa %
3/8"	9.52	100
#4	4.76	95-100
#8	2.38	80-100
#16	1.19	50-85
#30	0.58	25-60
#50	0.3	10-30
#100	0.15	2-10
#200	0.07	

Tabla 2. Granulometría para áridos finos.

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2011)

2.4.1.2. Especificación granulométrica para áridos gruesos

Las especificaciones impuestas por la Normativa ASTM-C33(INEN 696), para árido grueso nos indica que debe tener una precisión entre 0.5g o 0.1% de la carga a ensayar. El tamaño de la muestra, se deberá cumplir con lo establecido en la siguiente tabla.

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Tabla 3. Granulometría para áridos gruesos.

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2011)

2.5. Diseño de mezcla para la elaboración del hormigón

La dosificación del hormigón, depende de las proporciones y componentes básicos que se mezclen, a su vez de componente complementarios, proceso correcto de mezclado y curado. De esta manera el hormigón endurecido será óptimo o deficiente, es por eso la importancia de utilizar materiales de calidad los cuales hayan pasado por un proceso controlado por un profesional. Podemos observar en la *Figura 1*, como los agregados más finos se intercalan con los agregados gruesos. (Romo, 2008)

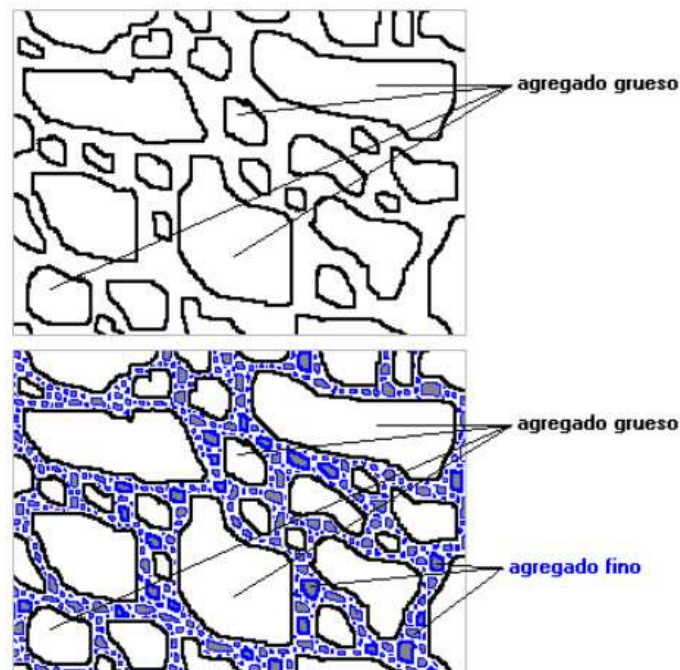


Figura 2. Estructura interna del hormigón.

Fuente: (Romo, 2008)

2.5.1. Método de Fuller – Thompson

Este es un método analítico, que a diferencia del método del ACI, intenta llegar a la dosificación óptima de una manera más eficiente y práctica, lo que obtiene a través de prácticas de asentamiento y resistencia. Se tiene en cuenta que a pesar de no necesitar en este método corregir la dosificación inicial, gracias a los procedimientos cumplen con los requisitos de trabajabilidad y resistencia. Siendo así la correlación entre propiedades más acertada ya que se parte de una granulometría conjunta del material para ajustarse a una curva aproximada de referencia, que ha sido obtenida de manera experimental sobre trabajabilidad y masa unitaria del hormigón. Así, en este proceso se combina agregados diferentes para obtener la mejor compactación en la granulometría. (Giraldo, 2004)

Para poder realizar el método por William B. Fuller y Sanford Thompson, los agregados serán menores a 70mm y se debe conocer información relacionada de la estructura que va a diseñarse, comprobando que se cumplan las normas NTC 174, para agua NTC 3459 y para cemento NTC 121 y 321. (Giraldo, 2004). Además, existen variables a cumplir como:

2.5.1.1. Ajuste de la curva granulométrica (Método Fuller – Thompson)

Con los resultados de las granulometrías de los agregados se pudo comprobó que el material no cumple con lo especificado en el Norma NTE INEN 872, por lo cual es imprescindible realizar un ajuste de las curvas granulométricas mediante el método Fuller – Thompson, con la finalidad de realizar un diseño del hormigón adecuado.

La *Tabla N°4* se observa los ajustes realizados en la granulometría de los agregados siguiendo el método descrito por Fuller – Thompson, para un tamaño máximo del agregado de 3/2" pulgada.

Tamiz		% Pasa Fuller Thompson	% Ajustado del agregado
pulg	mm		
1 1/2"	38.10	100.00%	100.00%
1"	25.40	81.60%	99.14%
3/4"	19.10	71.00%	89.30%
1/2"	12.70	57.00%	48.68%
3/8"	9.52	50.00%	38.43%
N°4	4.76	35.00%	30.70%
N°8	2.38	25.00%	27.39%
N°16	1.19	18.00%	22.56%
N°30	0.58	12.50%	13.74%
N°50	0.30	8.80%	4.68%
N°100	0.15	6.20%	1.23%

Tabla 4. Método Fuller – Thompson, Ajuste granulometría
Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2. Análisis de la resistencia requerida

La resistencia requerida es determinada mediante la desviación estándar de la muestra, debido a que esta investigación no cuenta con ensayos de resistencia en obra para el cálculo del factor de la desviación estándar, por ende, se utilizará los valores descritos en la *Tabla N° 5* para determinar el valor de la resistencia promedio requerida del concreto (f'_{cr}), con su respectivo factor de mayoración.

Resistencia especificada f'_c (kgf/cm ²)	Resistencia requerida f'_{cr} (kgf/cm ²)
$f'_c < 210$	$f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_c + 98$

Tabla 5. Resistencia promedio a la compresión, cuando no se tiene desviación estándar.

Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento.

2.5.1.3. Selección del asentamiento

El valor recomendado para el asentamiento depende de la finalidad del uso del concreto, en la *Tabla N°6*, según la norma NTC 396(ASTM C 143-90) expresa los valores recomendados para elaboración de hormigones utilizando plastificante y sin el uso del mismo.

Hormigón Elaborado sin Aditivo	
Asentamiento	5.0 – 10.0 cm
Hormigón Elaborado con Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango	
Asentamiento antes de añadir aditivo	2.5 – 5.0 cm

Tabla 6. Resistencia promedio a la compresión, cuando no se tiene desviación estándar.

Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento.

2.5.1.4. Estimación de la cantidad de agua

La cantidad necesaria de agua para la elaboración del hormigón fue determinada por la *Tabla N°7*, del ACI 211.1, donde especifica los valores de agua de mezclado y contenido de aire para los diferentes asentamientos y tamaño máximo del agregado.

Asentamiento (cm)	Tamaño Máximo del Agregado mm (pulg)							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (3/2")	50,8 mm (2")	76,2 mm (3")	152,4 mm (6")
	Cantidad de agua kgf							
3 --5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 --10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 --18	240	230	210	205	185	180	170	--

Tabla 7. Valores de agua de mezclado y contenido de aire para los diferentes asentamientos y tamaño máximo del agregado

Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento (ACI).

2.5.1.5. Relación Agua/Cemento (W/C)

De la *Figura N°3*, se toma la relación Agua/Cemento correspondiente a la resistencia promedio requerida del concreto f'_{cr} .

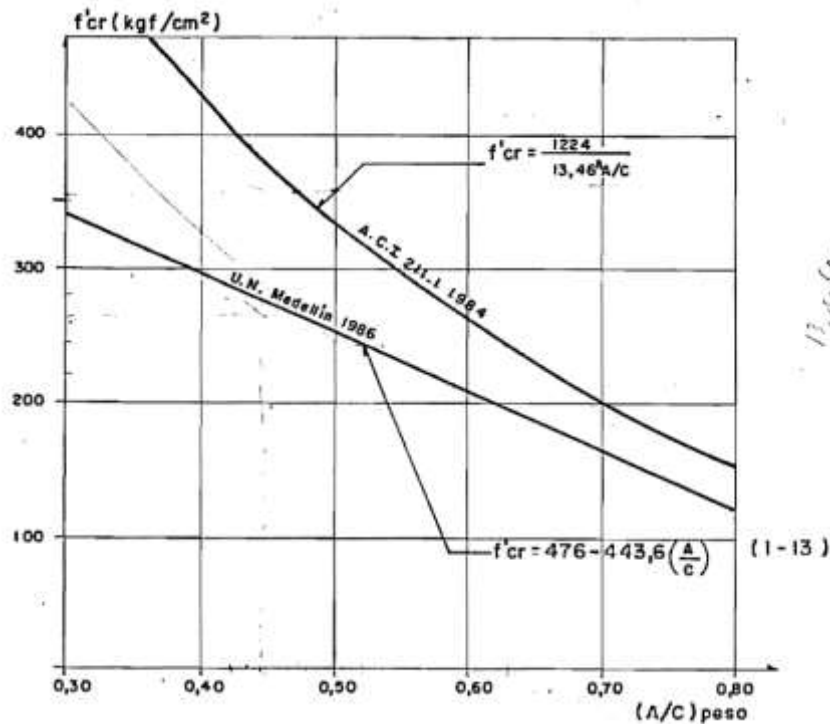


Figura 3. Relación entre f'_{cr} y (A/C).

Fuente: Instituto Ecuatoriano del Cemento (ACI).

2.5.1.6. Factor de cemento F_c

Se calcula factor del cemento F_c por cada metro cubico, empleando la siguiente ecuación.

$$F_c = \frac{\text{Volumen de agua}}{W/C}$$

2.5.1.7. Cantidad de material para un metro cubico de hormigón

Se calcula la cantidad de material para un metro cubico de hormigón, empleando la siguiente ecuación.

$$\sum 1m^3 = \text{Cant. cemento} + \text{Cant. agua} + \text{Cant. agregado}$$

- Cantidad de agua

$$agua = \frac{Volumen\ de\ agua}{Peso\ especifico\ del\ agua}$$

- Cantidad de cemento

$$cemento = \frac{Fc}{Peso\ especifico\ del\ hormigón}$$

- Cantidad del agregado

$$Agregado = 1m^3 - Cant.cemento - Cant.agua$$

La cantidad de agregado se determina con las curvas granulométricas y la curva de Fuller dependiendo del tamaño máximo del agregado.

2.5.1.8. Corrección por humedad

Se debe determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso, obtenidos los porcentajes de humedad se procede a realizar las correcciones por humedad de los diseños de mezclas. Estas correcciones no aparecen en el método ACI 211.1, pero dada su importancia en la elaboración de las mezclas de hormigón deben ser consideradas. Una norma guía que si considera estas correcciones es la norma NTC 1776.

- Calculo del peso debido al % de humedad de los agregados.

$$\% Extra\ de\ arena = \% Humedad \times Agregados\ secos$$

- Aporte de humedad de los agregados (AHA)

$$\%AHA\ agregados = \% Humedad - \% Absorción$$

$$AHA \text{ agregados} = \%AHA \text{ fino} \times \text{Agregado fino seco}$$

- Cálculo del peso del agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Volumen de agua} - \text{AHA de los agregados}$$

2.5.1.9. Pesos de material corregidos para la dosificación del hormigón

Teniendo las correcciones por humedad se procede a determinar las nuevas cantidades de material necesario para la dosificación. (Giraldo, 2004)

2.6. Comportamiento del hormigón a cargas

2.6.1. Resistencia a la compresión

Para obtener la resistencia a compresión del hormigón, se analizan muestras cilíndricas, que son llevadas a la rotura mediante cargas que incrementan de forma rápida, este proceso se da en pocos minutos. Luego de 28 días de fraguado, se considera su máxima resistencia y se procede a realizar el ensayo.

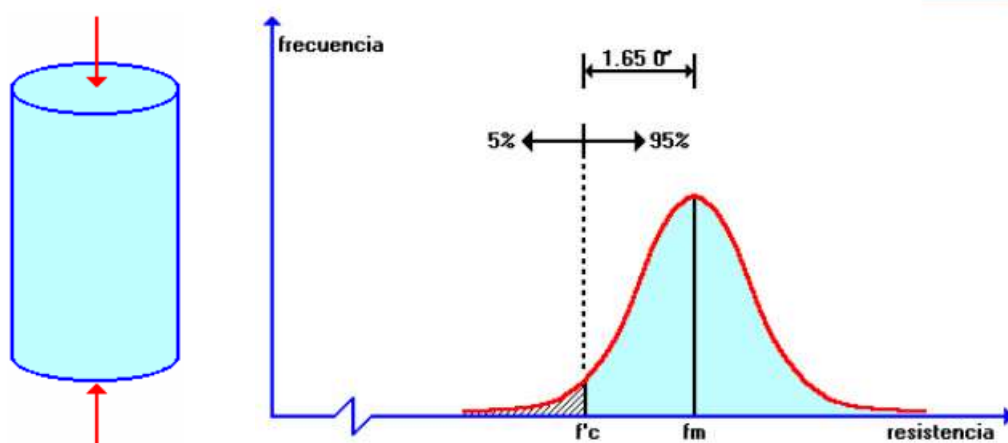


Figura 4. Curva de distribución de la resistencia de hormigones.

Fuente: (Romo, 2008)

La resistencia característica, asumiendo una distribución normalizada en los ensayos de rotura de las muestras de hormigón, puede calcularse como una resistencia media y la desviación estándar, mediante la ecuación:

$$f'c = fm - 1.65\sigma$$

Donde:

$F'c$: resistencia a la compresión del hormigón.

F_m : resistencia media de las muestras.

σ : desviación estándar.

(Romo, 2008).

2.7. Criterios de selección de aditivos

Existen varios motivos o razones para el uso de aditivos en el hormigón, los cuales serán a criterio del profesional a cargo, estos pueden mejorar diferentes ámbitos en las propiedades como son: mejorar la trabajabilidad, modificar la velocidad y magnitud de la exudación, minimizar expansiones de segregación de partículas, reducir la cantidad de agua sin afectar al diseño realizado, facilitar la manipulación y colocación de la mezcla, permitir el transporte de este a largas distancia sin perder las características necesarias, variación en el desarrollo para alcanzar en un menor tiempo la resistencia óptima, disminuye la permeabilidad, entre otros. (Rodríguez, 2018)

2.8. Aditivos de adherencia elegidos para los ensayos

Los aditivos de adherencia son líquidos diseñados para aumentar la unión óptima y mejorar diversas características físicas en las mezclas de morteros y hormigones viejos con nuevos.

2.8.1. Sikadur

Este aditivo líquido concentrado, se lo ha diseñado para mejorar la adherencia de diferentes productos tanto interiores como exteriores, el cual tiene la finalidad de mejorar la permeabilidad, trabajabilidad, la resistencia a tracción y la adherencia tanto en hormigones como en morteros. (Sika, 2018)

Base Química	Dispersión acuosa a base de estireno-butadierno, modificado con policarboxilatos
Empaques	Plástico de 10 kg. Tambor de 200 kg.
Apariencia / Color	Líquido azulado
Vida en el recipiente	12 meses desde la fecha de fabricación.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenar adecuadamente en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados. En lugar seco a temperaturas entre 5°C y 25°C. Evitar la acción directa del sol sobre el empaque.
Densidad	~1,1 g/cm ³ (+23 °C)
pH	~6,0 ± 1.0
INFORMACION DE APLICACIÓN	
Consumo	La dosificación es del 12% con respecto al peso del cemento. 1. Como capa de adherencia: ~0.09 l/m ² mm de espesor de mortero 2. Como aditivo para mortero: ~0.3 l – 0.4 l/m ² a centímetro de espesor.
Temperatura Ambiente	+5 °C min.
Temperatura del Sustrato	+5 °C min.

Tabla 8. Datos técnicos de Sikadur

Fuente: (Sika, 2018)

2.8.2. Adibond

Este es un adhesivo epóxico para la unión y correcta adherencia de hormigones frescos a hormigones que ya han sido endurecidos, anclajes o como imprimante de pisos epóxicos. (Adibond, 2018)

Densidad mezcla (g/cm³): 1.09 ± 0.08
 Tiempo de gelado: 1 hora a 2 horas a 25° C
 Tiempo de curado: 7horas a10°C.
 Relación de la mezcla en volumen o peso Comp. A: Comp.
 B = 1: 1

Resistencia Química	
ÁCALIS:	Satisfactorio
AGUA CLORADA:	Satisfactorio
ACEITES:	Satisfactorio
ACIDO SULFÚRICO en CONCENTRACION 30%	Satisfactorio
Resistencia Mecánica	
Resistencia a la Compresión	Norma ASTM C-579: Máx. 23220 psi
Resistencia a la Flexo Tracción	Norma ASTM D-638: Máx. 8600 psi
Adhesión al concreto	Norma ASTM C-882: Hasta 6602,5 psi aprox.
Resistencia a la Flexión	Norma ASTM D-790 : Máx. 12000 psi
Módulo de Elasticidad	Máximo 410 ksi aprox.

Tabla 9. Datos técnicos de Adibond I.

Fuente: (Adibond, 2018)

2.8.3. SikaTop

Este aditivo liquido mejora considerablemente las propiedades físicas y químicas en los hormigones y morteros, incrementando su adherencia. Fácil de usar y resistente a la corrosión.

CONSUMO Como lechada de adherencia aprox. 0.3 kg/m ² . Como mortero de alta adherencia y mayor resistencia aprox. 0.6 kg/m ² /cm de espesor.	
ASPECTO:	Líquido color blanco
BASE :	Resinas acrílicas
DENSIDAD:	1,02 kg/l.
PRECAUCIONES Los morteros preparados con SikaTop 77 son altamente adhesivos y pierden rápidamente la manejabilidad. Se adhieren a la herramienta con la cual se extiende, por ello colóquelos rápidamente. Para la preparación de morteros agregue en la mezcla los componentes en el siguiente orden: Solución de SikaTop 77, arena y cemento. Para reparación, trabaje siempre con morteros de muy baja relación agua /cemento (A/C). De acuerdo con recomendaciones del ACI, cuando se ejecuten recubrimientos de menos de 5 cm de espesor, debe adicionarse aditivo adherente tipo SikaTop 77 en la lechada de adherencia y en el mortero. Para mayor calidad en las reparaciones, pique la superficie a tratar evitando terminados muy delgados en los extremos.	
PRESENTACIÓN Plástico 1 kg Plástico 2 kg Plástico 4 kg Plástico 10 kg Tambor 220 kg	
ALMACENAMIENTO 12 meses en sitio fresco y bajo techo en los envases originales y sellados.	
CÓDIGOS R/S R: 22/25 S: 2/26	

Tabla 10. Datos técnicos de SikaTop 77.

Fuente:(SikaTop, 2014)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El presente trabajo incluye una investigación, experimental, aplicada y de laboratorio, por lo cual se basa en pruebas de laboratorio e investigación bibliográfica de diferentes artículos y normativas. Las pruebas de laboratorio nos permitirán respaldar y fundamentar la investigación.

A continuación, se menciona el proceso a seguir:

1. Análisis granulométrico de los agregados finos y grueso
2. Dosificación base de las cantidades de material para un hormigón de 210 kg/cm^2
3. Colocar el hormigón en los moldes con las 3 capas y en cada capa compactando 25 golpes con la varilla de punta redonda luego 15 golpes con el martillo de goma.
4. Colocar el espécimen en agua para realizar el curado.
5. Cortar el espécimen diagonalmente con una inclinación de 30 grados, a una altura de 10.67 centímetros.
6. Pasado 3, 7, 14, 28 días, se proseguirá a completar el resto del cilindro con un hormigón nuevo, adhiriéndolo con los diferentes tipos de aditivos, se desencofra y se curan en el agua.
7. Después de 3, 7, 14, 28 días, se debe retirar los cilindros de la piscina para realizar el ensayo a compresión de estos cilindros en la máquina de compresión.
8. Tabular datos y realizar los cálculos respectivos.

La presente investigación se realizó basándose en las normas ACI, ASTM e INEN. Estas normas se aplican para hormigones comunes, corresponden a la producción de hormigón en sitio, curado de cilindros de hormigón y resistencia a la compresión simple de hormigones.

2.9. Características del agregado fino y grueso

2.9.1. Ensayo granulométrico del agregado fino

El agregado fino que se utilizó para la mezcla del concreto, proviene del cantón Paute. A este agregado se le realizó la práctica pertinente, para determinar la distribución de las partículas del agregado mediante el tamizado, con la finalidad de controlar el tamaño de las partículas de acuerdo a la normativa NTE INEN 872. En la siguiente tabla, se muestra el análisis granulométrico del agregado fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%
TAMIZ	MM	GM	GM	RETENIDO	PASA
1/2"	12.7	0	0	0.0%	100.0%
3/8"	9.52	3	3	0.6%	99.4%
N°4	4.76	4.5	7.5	1.5%	98.5%
N°8	2.38	36	43.5	8.7%	91.3%
N°16	1.19	80.5	124	24.8%	75.2%
N°30	0.58	147	271	54.2%	45.8%
N°50	0.3	151	422	84.4%	15.6%
N°100	0.15	57.5	479.5	95.9%	4.1%

N°200	0.075	15.5	495	99.0%	1.0%
Fondo		5	500	100.0%	0.0%
PESO ANTES DEL ENSAYO =			500		
PESO DESPUES DEL ENSAYO =			500		

Tabla 11. Análisis granulométrico del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

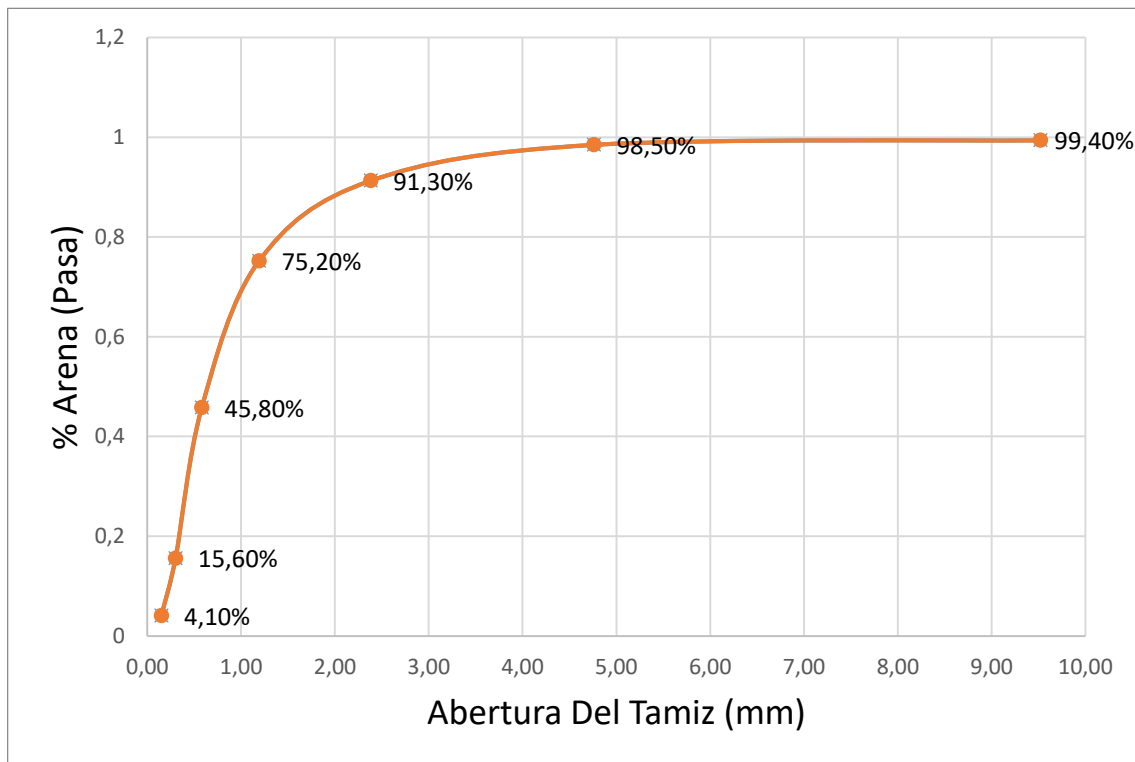


Figura 5. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

2.9.2. Ensayo granulométrico del agregado grueso

El agregado fino que se utilizó para la mezcla del concreto, proviene del cantón Paute. A este agregado se le realizó la práctica pertinente, para determinar la distribución de las partículas del agregado mediante el tamizado, con la finalidad de controlar el tamaño de las partículas de acuerdo a la normativa NTE INEN 872.

En la siguiente tabla , se muestra el análisis granulométrico del agregado grueso.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%
TAMIZ	MM	GM	GM	RETENIDO	PASA
3"	76.2	0	0	0.00%	100.00%
2 1/2"	63.5	0	0	0.00%	100.00%
2"	50.8	0	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	185	185	1.23%	98.77%
3/4"	19.1	2107	2292	15.28%	84.72%
1/2"	12.7	8705	10997	73.31%	26.69%
3/8"	9.52	2158.5	13155.5	87.70%	12.30%
N°4	4.76	1597.5	14753	98.35%	1.65%
Fondo		247	15000	100.00%	0.00%
PESO ANTES DEL ENSAYO =			15000		
PESO DESPUES DEL ENSAYO =			15000		

*Tabla 12. Análisis granulométrico del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.*

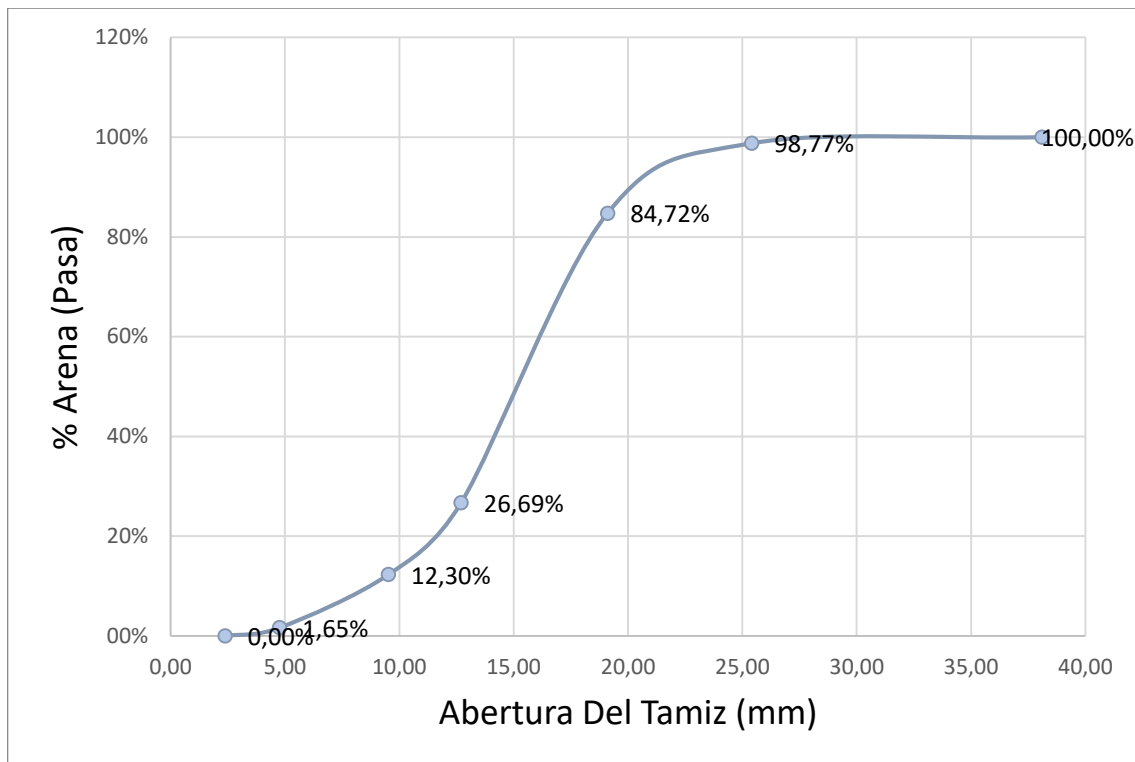


Figura 6. Curva granulométrica del agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia.

2.9.3. Propiedades físicas del agregado Fino

En la siguiente tabla se presenta las variables, fórmulas y resultados de las propiedades físicas del agregado fino que se obtuvieron en el laboratorio de suelo.

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO: MÉTODO DEL PICNÓMETRO		
A=	500.00	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO (g)
B=	3149.00	PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA + MUESTRA (g)
C=	2850.50	PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA (g)
D=	478.00	PESO DEL MATERIAL SECO (g)
PESO ESPECÍFICO SECO		$\frac{D}{A - (B - C)} =$ 2.37
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		$\frac{A}{A - (B - C)} =$ 2.48
PESO ESPECÍFICO APARENTE		$\frac{D}{D - (B - C)} =$ 2.66
% DE ABSORCIÓN		$\frac{100(A - D)}{D} =$ 4.60
%humedad		$\frac{b - c}{c - a} \times 100 =$ 9.82
a=	212.00	PESO DEL TARRO (g)
b=	676.00	PESO DEL TARRO + MUESTRA HÚMEDA (g)
c=	634.50	PESO DEL TARRO + MUESTRA SECA (g)

Tabla 13. Características del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.1. Propiedades físicas del agregado Grueso

En la siguiente tabla se presenta las variables, fórmulas y resultados de las propiedades físicas del agregado grueso que se obtuvieron en el laboratorio de suelo.

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO: MÉTODO DEL PICNÓMETRO		
A=	1000.00	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO (g)
B=	3460.00	PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA + MUESTRA (g)
C=	2850.50	PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA (g)
D=	967.50	PESO DEL MATERIAL SECO (g)
PESO ESPECÍFICO SECO		$\frac{D}{A - (B - C)} =$ 2.48
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		$\frac{A}{A - (B - C)} =$ 2.56
PESO ESPECÍFICO APARENTE		$\frac{D}{D - (B - C)} =$ 2.70
% DE ABSORCIÓN		$\frac{100(A - D)}{D} =$ 3.36
%humedad		$\frac{b - c}{c - a} \times 100 =$ 1.48
a=	433.00	PESO DEL TARRO (g)
b=	1567.50	PESO DEL TARRO + MUESTRA HÚMEDA (g)
c=	1551.00	PESO DEL TARRO + MUESTRA SECA (g)

Tabla 14. Características del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Tipo de cemento.

Se utilizó el cemento portland hidráulico tipo I, de uso general (UG) de la marca Holcim para fabricar la dosificación, este es un producto que cuenta principalmente con características de

resistencia, durabilidad y destacado desempeño, cumpliendo los estándares de calidad, basados en la norma NTE INEN 2380.

3.3. Dosificación del hormigón.

Los diferentes agregados utilizados para el estudio no cumplen con las propiedades granulométricas especificadas para realizar el diseño según el método (ACI) American Concrete Institute, por lo cual se optó realizar el ajuste de las proporciones de los agregados mediante la curva granulométrica según el método de Fuller- Thompson.

El diseño del hormigón de esta investigación es de carácter experimental, por ende, se procedió a evaluar el comportamiento del mismo mediante ensayos de laboratorio, donde se realizó la unión de hormigón viejo con nuevo mediante aditivos.

Se decidió obtener una resistencia mínima a compresión del hormigón de 210 kgf/cm^2 debido que es una resistencia requerida para una vivienda unifamiliar. Con la realización de los ensayos necesarios es posible obtener un diseño de concreto patrón, para posterior unir los hormigones mediante aditivos especificados.

3.3.1. Datos

Para el cálculo de la dosificación es indispensables determinar en el laboratorio las características de los agregados y el tipo de cemento que se utilizara.

DATOS		
	Cantidad	Unidades
Resistencia (f'c)=	210	kg/cm ²
Peso específico =	2400	Kg/m ³
Agregado fino		
Peso específico =	2.48	Kg/m ³
% de Absorción=	4.60	%
Contenido de humedad=	9.82	%
Agregado Grueso		
Tamaño máximo nominal=	1 1/2"	pulg
Peso específico =	2.56	Kg/m ³
% de Absorción=	3.36	%
Contenido de humedad=	1.48	%

*Tabla 15. Características del agregado fino y grueso.
Fuente: Elaboración propia.*

3.3.2. Pesos de material para la dosificación del hormigón.

Mediante el método de Fuller- Thompson se determinó la cantidad de material para un metro cubico de hormigón.

$$Cemento = 434 \frac{kgf}{m^3}$$

$$Agua = 192 \frac{kgf}{m^3}$$

$$Aragado\ fino\ humedo = 5010 \frac{kgf}{m^3}$$

$$Agregado\ grueso\ humedo = 1135 \frac{kgf}{m^3}$$

Dádonos un asentamiento de 7 cm.

3.4.Datos técnicos de los aditivos

Los aditivos propuestos para la investigación son tres; SikaTop 77, Sikadur y Adibond, los cuales tienen la finalidad de unir el hormigón nuevo con el hormigón viejo. Los datos técnicos, se encuentran especificados en el apartado II, los cuales son útiles para entender la composición química y modo de uso descrito a continuación.

3.4.1. Modo de uso Sika Top 77

Para la colocación del aditivo SikaTop 77, se preparó una mezcla 1:1 de cemento y arena fina y lavada, esta mezcla debe amasarse con SikaTop 77 diluido en agua 1:1, hasta obtener una consistencia cremosa, con una brocha se aplicó sobre la superficie del hormigón viejo para que sirva como puente de adherencia con el hormigón nuevo.



*Figura 7. Aditivo SikaTop 77.
Fuente: Elaboración propia.*

3.4.2. Modo de uso Sikadur 32

Para la colocación del aditivo Sikadur, se preparó una mezcla 2:1, es decir dos veces dos porciones del componente A y una del B, se mezcló aproximadamente por unos 5 minutos hasta obtener un color uniforme, con una brocha se aplicó sobre la superficie del hormigón viejo para que sirva como puente de adherencia con el hormigón nuevo.



*Figura 8. Aditivo Sikadur.
Fuente: Elaboración propia.*

3.1.1. Modo de uso Adibond

Para la colocación del aditivo adibond, se preparó una mezcla 1:1 del componente A y B, se mezcló aproximadamente por unos 5 minutos hasta obtener un color uniforme, con una brocha se aplicó sobre la superficie del hormigón viejo para que sirva como puente de adherencia con el hormigón nuevo.



*Figura 9. Aditivo Adibond.
Fuente: Elaboración propia.*

3.3. Diseño de mezcla de hormigón para unir hormigón viejo y nuevo con aditivos.

Uno de los objetivos de la investigación es evaluar la adherencia entre el hormigón antiguo y nuevo utilizando aditivos, además de hacerlo también sin ningún aditivo, por ende, se repitió un proceso similar para el cálculo de los componentes utilizados para el hormigón patrón.

Se realizó 40 probetas de hormigón, los mismo se mandaron a cortar diagonalmente con una inclinación de 30 grados en las muestras, a una altura de 12.88 centímetros.



Figura 10. Corte a 30° grados.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el corte de las muestras, se colocó los mismo en la piscina con la finalidad de realizar el curado adecuado del hormigón y alcance la resistencia requerida. Se prosigue a ejecutar los ensayos en el laboratorio utilizando los aditivos mencionados para unir luego de 3 días, 7 días 14 días, 28 días y 56 días, repitiendo el proceso de la dosificación base.

3.5.1. Ejecución de ensayos en laboratorio

Las probetas cilíndricas para el realizar el ensayo fueron proporcionadas en el laboratorio, con medidas de 200 mm de altura y 100 mm de diámetro. Con el objetivo de obtener resultados adecuados para el proyecto, se elaboraron 2 cilindros para adherirlos con los aditivos mencionados, por cada día de estudio.

Distribución De Probetas Requeridas Para Los Ensayos						
Aditivo	3 Días	7 Días	14 Días	28 Días	56 Días	N° Probetas
SikaTop 77	2	2	2	2	2	10
Sikadur	2	2	2	2	2	10
Adibond	2	2	2	2	2	10
Sin Aditivo	2	2	2	2	2	10

Tabla 16. Distribución de probetas.
Fuente: Elaboración propia

Se propone el siguiente esquema para la ejecución de las probetas.

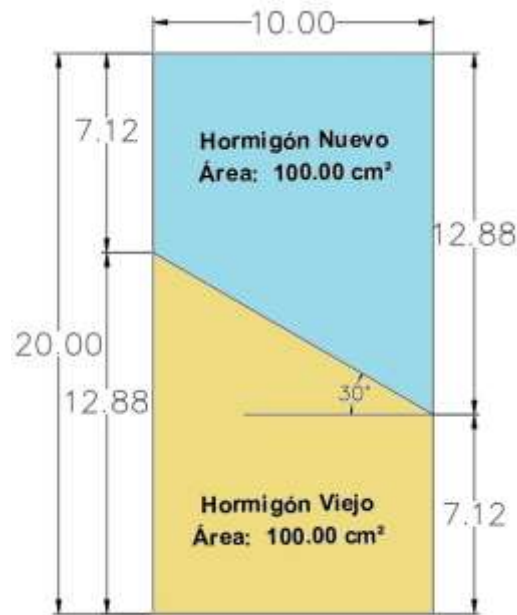


Figura 11. Esquema del ensayo.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.1. Ejecución del ensayo para los 3 días.

Debido que pasaron 3 días desde que se dejó las muestras en el área de curado, los agregados estuvieron en contacto con el aire, por ende, su porcentaje de humedad se modificó. Con el objetivo de obtener resultados adecuado se recalculó la dosificación para un metro cúbico.

Dosificación Por m³ De Hormigón Para Los 3 Días		
Componente	Cantidad	unidades
Cemento:	434.00	kg/m ³
Agua Efectiva:	188.00	kg/m ³
Agregado fino húmedo:	508.00	kg/m ³
Agregado grueso húmedo:	1141.00	kg/m ³
Rango 2200 -- 2400	2271.00	Cumple

Tabla 17. Dosificación óptima para un m³ de hormigón para los 3 días.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la dosificación corregida se prosigue a colocar el nuevo hormigón sobre el hormigón viejo adhiriéndolo con los aditivos, la colocación de cada uno dependerá de las indicaciones de cada aditivo que se mencionan en el modo de uso.

3.5.1.2. Ejecución del ensayo para los 7 días.

Debido que pasaron 7 días desde que se dejó las muestras en el área de curado, los agregados estuvieron en contacto con el aire, por ende, su porcentaje de humedad se modificó. Con el objetivo de obtener resultados adecuado se recalculo la dosificación para un metro cúbico.

Dosificación Por m3 De Hormigón Para Los 7 Días		
Componente	Cantidad	unidades
Cemento:	434.00	kg/m3
Agua Efectiva:	190.00	kg/m3
Agregado fino húmedo:	510.00	kg/m3
Agregado grueso húmedo:	1136.00	kg/m3
Rango 2200 -- 2400	2270.00	Cumple

*Tabla 18. Dosificación óptima para un m3 de hormigón para los 7 días.
Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo la dosificación corregida se prosigue a colocar el nuevo hormigón sobre la superficie del hormigón viejo adhiriéndolo con los aditivos y sin aditivos, como se indicó anteriormente.

3.5.1.3. Ejecución del ensayo para los 14 días.

Debido que pasaron 14 días desde que se dejó las muestras en el área de curado, los agregados estuvieron en contacto con el aire, por ende, su porcentaje de humedad se modificó. Con el objetivo de obtener resultados adecuado se recalculo la dosificación para un metro cúbico.

Dosificación Por m3 De Hormigón Para Los 14 Días		
Componente	Cantidad	unidades
Cemento:	434.00	kg/m3
Agua Efectiva:	198.00	kg/m3
Agregado fino húmedo:	507.00	kg/m3
Agregado grueso húmedo:	1131.00	kg/m3
Rango 2200 -- 2400	2270.00	Cumple

*Tabla 19. Dosificación óptima para un m3 de hormigón para los 14 días.
Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo la dosificación corregida se prosigue a colocar el nuevo hormigón sobre la superficie del hormigón viejo adhiriéndolo con los aditivos y sin aditivos, como se indicó anteriormente.

3.5.1.4. Ejecución del ensayo para los 28 días.

Debido que pasaron 28 días desde que se dejó las muestras en el área de curado, los agregados estuvieron en contacto con el aire, por ende, su porcentaje de humedad se modificó. Con el objetivo de obtener resultados adecuado se recalculo la dosificación para un metro cúbico.

Dosificación Por m3 De Hormigón Para Los 28 Días		
Componente	Cantidad	unidades
Cemento:	434.00	kg/m3
Agua Efectiva:	201.00	kg/m3
Agregado fino húmedo:	500.00	kg/m3
Agregado grueso húmedo:	1136.00	kg/m3
Rango 2200 -- 2400	2271.00	Cumple

*Tabla 20. Dosificación óptima para un m3 de hormigón para los 28 días.
Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo la dosificación corregida se prosigue a colocar el nuevo hormigón sobre la superficie del hormigón viejo adhiriéndolo con los aditivos y sin aditivos, como se indicó anteriormente.

3.5.1.5. Ejecución del ensayo para los 56 días.

Debido que pasaron 56 días desde que se dejó las muestras en el área de curado, los agregados estuvieron en contacto con el aire, por ende, su porcentaje de humedad se modificó. Con el objetivo de obtener resultados adecuado se recalculo la dosificación para un metro cúbico.

Dosificación Por m3 De Hormigón Para Los 56 Días		
Componente	Cantidad	unidades
Cemento:	434.00	kg/m3
Agua Efectiva:	209.00	kg/m3
Agregado fino húmedo:	497.00	kg/m3
Agregado grueso húmedo:	1131.00	kg/m3
Rango 2200 -- 2400	2271.00	Cumple

*Tabla 21. Dosificación óptima para un m3 de hormigón para los 56 días.
Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo la dosificación corregida se prosigue a colocar el nuevo hormigón sobre la superficie del hormigón viejo adhiriéndolo con los aditivos y sin aditivos, como se indicó anteriormente.

3.4. Proceso de elaboración de probetas

La elaboración de probetas con las diferentes dosificaciones para los días especificados se realizó en el laboratorio de materiales, cabe recalcar que se realizó una muestra patrón, posterior a eso se corrigió la humedad de los agregados cada día que se realizó la mezcla de hormigón, y se sacó la cantidad de material necesario para dosificación de un m3 de hormigón. A continuación, se describe su procedimiento.

1. Se adecuó la bandeja de mezclado y se prepararon las herramientas (Cono de Abrams, bailejos, lampón, varilla de compactación, martillo de goma, flexómetro y bandejas metálicas).

2. Se realizó el pesaje del agregado fino, grueso, cemento y agua para realizar la mezcla. Se efectuó el proceso encerrando la balanza con la bandeja (o balde en el caso del agua) vacía y posteriormente agregando cada material para determinar su peso.



Figura 12. Pesaje de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

3. Mediante una brocha se engrasaron los moldes cilíndricos para posterior el vaciado de la mezcla, con finalidad de facilitar el desmolde de las probetas luego de 24 horas.
4. Antes de llevar a cabo el mezclado se realizó un humedecimiento con agua a las herramientas necesarias para el mezclado, luego se colocaron los agregados (arena y grava), y se mezclan. Posteriormente se colocó el cemento y se procedió a mezclar durante 3 minutos los materiales ocupando el lampon, mientras se incorporó el agua. Transcurrido este tiempo se hizo una pausa para comprobar la consistencia de la mezcla y por último se mezclaron los materiales durante 2 minutos más.



*Figura 13. Proceso de elaboración de los especímenes.
Fuente: Elaboración propia.*

5. Se procede a verificar el asentamiento requerido con ayuda del Cono de Abrams, para lo cual se introdujo el hormigón en el cono mediante 3 capas, en las cuales con ayuda de la varilla se compacto con 25 golpes las 2 primeras capas y 15 golpes en la última capa, con el flexómetro se toma el asentamiento siendo de 7 cm.



*Figura 14. Asentamiento obtenido para el diseño.
Fuente: Elaboración propia*

6. Por último, se introdujo la mezcla en sus respectivos moldes, Se realizó la compactación en 3 capas, en las cuales con ayuda de la varilla se compacto con 25 golpes las 2 primeras

capas y 15 golpes en la última capa. Con ayuda del bailejo se enrasaron las probetas proporcionando una superficie lisa.



Figura 15. Varillado de mezcla en los moldes correspondientes.

Fuente: Elaboración propia

7. Luego de las 24 horas de fundido del hormigón se desencofran los especímenes, para dejarlos listos para su curado.



Figura 16. Desencofrado del espécimen.

Fuente: Elaboración propia

8. Los especímenes se mandaron a cortar diagonalmente con una inclinación de 30 grados, a una altura de 12.88 centímetros.



Figura 17. Corte del espécimen a 30°.

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Corte del espécimen a 30°.

Fuente: Elaboración propia

9. Se coloca los especímenes cortados en el molde cilíndrico y con una brocha se coloca una lechada de aditivo, el mismo será preparado como se mencionó anteriormente y se coloca el hormigón nuevo realizado luego de 3 días, 7 días 14 días, 28 días y 56 días.



Figura 19. Preparación del aditivo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Colocación del aditivo en las muestras.

Fuente: Elaboración propia

3.5. Curado de las muestras obtenidas

Una vez realizado el desencofrado de los especímenes se procedieron a almacenar adecuadamente en la piscina para muestras del laboratorio de materiales de la Universidad, con la finalidad de que los especímenes cumplan con los días establecidos de curado.



Figura 21. Curado de especímenes.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Ensayo de resistencia de las probetas

Se realizaron los ensayos respectivos a compresión según lo establecido por la Norma NTE INEN 1573 mediante la prensa hidráulica en el laboratorio de materiales, con la supervisión de los laboratoristas. Los ensayos de compresión se realizaron según lo planificado en el cronograma a los 3 días, 7 días 14 días, 28 días y 56 días, con el objetivo de obtener la resistencia de cada una de las muestras. A continuación, se describe el procedimiento realizado.

1. Se tomó la medida de la altura, diámetro y se pesó los especímenes.
2. Se colocó el espécimen en la prensa hidráulica cuidadosamente alineando en el centro sobre la platina de máquina.
3. Se ingresaron las dimensiones del espécimen en el software de la prensa y se configuró su velocidad de carga, la máquina le aplicará carga a compresión constante hasta que el espécimen demuestre un patrón de falla definitivo.
4. Se realizó el cálculo de la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la fuerza aplicada entre el área de la base del cilindro.



Figura 22. Ensayos a compresión (Máquina de compresión).
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A través de los ensayos realizados en el laboratorio se dispone de una serie de datos que permite tener una idea de la resistencia mecánica de las diferentes dosificaciones de hormigón realizadas, sin embargo, los cálculos estadísticos y las comparaciones nos permiten identificar patrones que caracterizan su comportamiento ante la aplicada de una carga a compresión.

Con los ensayos realizados en la prensa hidráulica de los especímenes de la dosificación patrón se pudo evidenciar la resistencia a compresión de los mismos, la resistencia fue la requerido, por ende, se tomó la misma dosificación para realizar los diferentes ensayos, y proseguir el hormigón viejo y nuevo con diferentes tipos de aditivos.

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de compresión realizadas con las tablas y cuadros comparativos correspondientes.

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Ensayo de resistencia a compresión del diseño de mezcla patrón

Los resultados de la resistencia a compresión del diseño de la mezcla patrón se presentan en la siguiente tabla.

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS MEZCLA PATRÓN (\varnothing =100 mm, h=200mm)							
PROBETA	RELACIÓN A/C (DISEÑO)	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
				(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
P1	0.45	22/11/2023	24/11/2023	3	6205	79	81
P2		22/11/2023	24/11/2023	3	6440	82	
P3		22/11/2023	28/11/2023	7	11230	143	141
P4		22/11/2023	28/11/2023	7	10838	138	
P5		22/11/2023	5/12/2023	14	13508	172	174
P6		22/11/2023	5/12/2023	14	13744	175	
P7		22/11/2023	19/12/2023	28	16578	211	214
P8		22/11/2023	19/12/2023	28	16943	216	
P9		22/11/2023	16/1/2023	56	16808	214	215
P10		22/11/2023	16/1/2023	56	16886	215	

Tabla 22. Resultados ensayo a compresión de 3, 7, 14, 28 y 56 días del diseño patrón.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la resistencia máxima se realizó un promedio entre la resistencia de los dos especímenes, y se realizó la curva resistencia versus tiempo que se muestra a continuación.

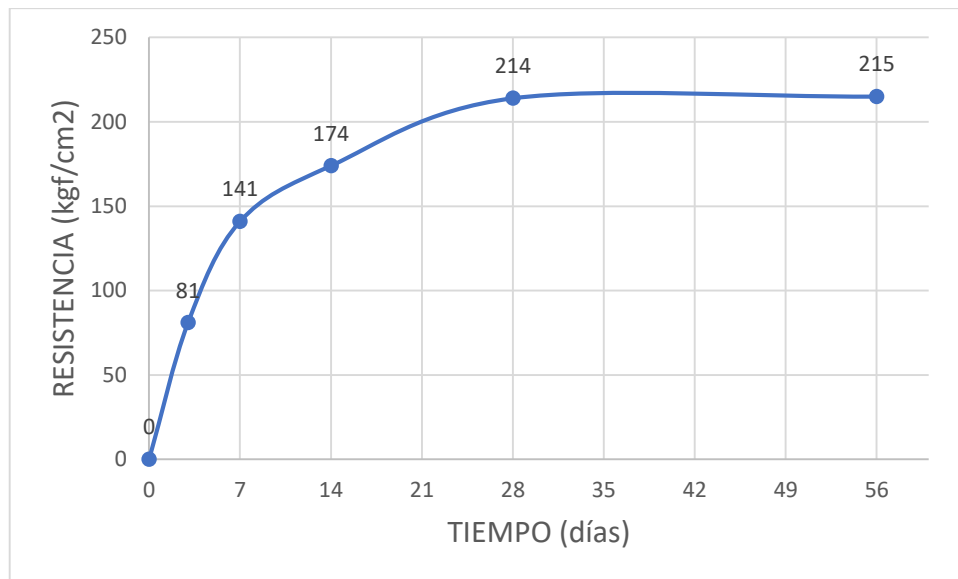


Figura 23. Curva resistencia vs tiempo de la dosificación patrón.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la dosificación patrón

Se procedió a diseñar una dosificación patrón que tenga una resistencia a compresión de 210 kgf/cm². Los cálculos permitieron determinar las cantidades adecuadas de los materiales y la relación agua/cemento de 0.45 para que nos proporcione los mejores resultados al momento del ensayo.

Con la finalidad de garantizar que los ensayos sean lo más acertados posibles, se optó por realizar 2 especímenes para cada día de estudio, y luego sacar un promedio entre los mismos. Como se puede evidenciar, los resultados de los ensayos a compresión generan una gráfica uniforme del diseño patrón, dándonos una resistencia máxima a compresión de 215 kgf/cm².

4.1.3. Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur.

Los resultados de la resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur, se presentan en la siguiente tabla.

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVO SIKADUR, ($\varnothing = 100$ mm, h=200mm)

PROBETA	RELACIÓN A/C (DISEÑO)	FECHA ELAB. 1	FECHA ELAB. 2	FECHA DE ENSAYO	EDAD (H. VIEJO)	EDAD (H. NUEVO)	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
					(días)	(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
P11	0.45	16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	5890	75	73
P12		16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	5597	71	
P13		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	10131	129	131
P14		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	10445	133	
P15		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	12644	161	162
P16		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	12801	163	
P17		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	15471	197	195
P18		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	15079	192	
P19		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	15314	195	197
P20		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	15550	198	

Tabla 23. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo Sikadur.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la resistencia máxima se realizó un promedio entre la resistencia de los dos especímenes, y se realizó la curva resistencia versus tiempo que se muestra a continuación.

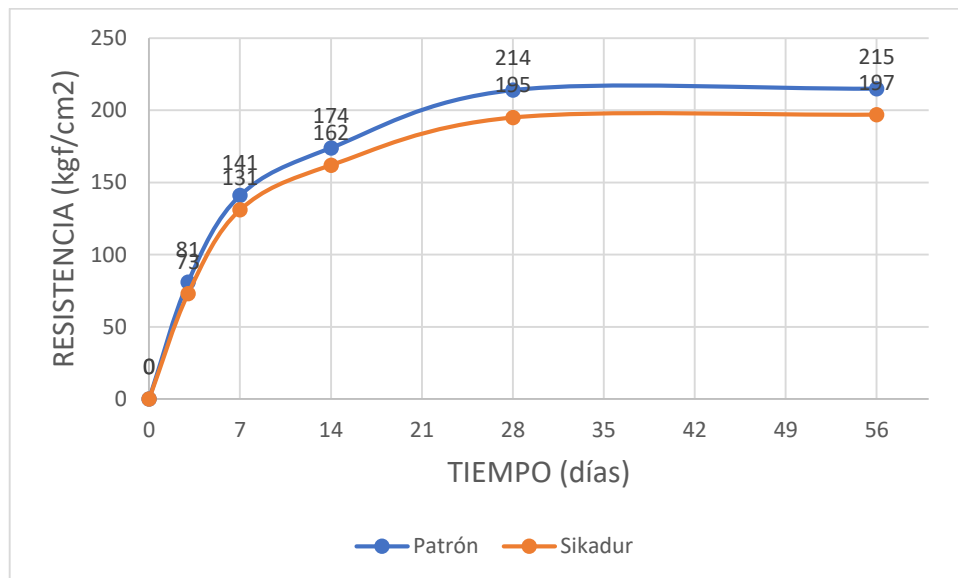


Figura 24. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur.

Como se puede evidenciar, los resultados de los ensayos a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Sikadur, nos da una resistencia máxima a compresión de 197 kgf/cm², por ende, la resistencia ha disminuido un 8.37 %.



Figura 25. Preparación del aditivo Sikadur.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.

Los resultados de la resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond, se presentan en la siguiente tabla.

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVO SIKADUR, ($\varnothing = 100$ mm, h=200mm)

PROBETA	RELACIÓN A/C (DISEÑO)	FECHA ELAB. 1	FECHA ELAB. 2	FECHA DE ENSAYO	EDAD (H. VIEJO)	EDAD (H. NUEVO)	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
					(días)	(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
P21	0.45	16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	5419	69	70
P22		16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	5498	70	
P23		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	9660	123	125
P24		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	9975	127	
P25		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	11938	152	154
P26		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	12174	155	
P27		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	14765	188	189
P28		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	14923	190	
P29		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	14844	189	190
P30		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	15001	191	

Tabla 24. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo Adibond.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la resistencia máxima se realizó un promedio entre la resistencia de los dos especímenes, y se realizó la curva resistencia versus tiempo que se muestra a continuación.

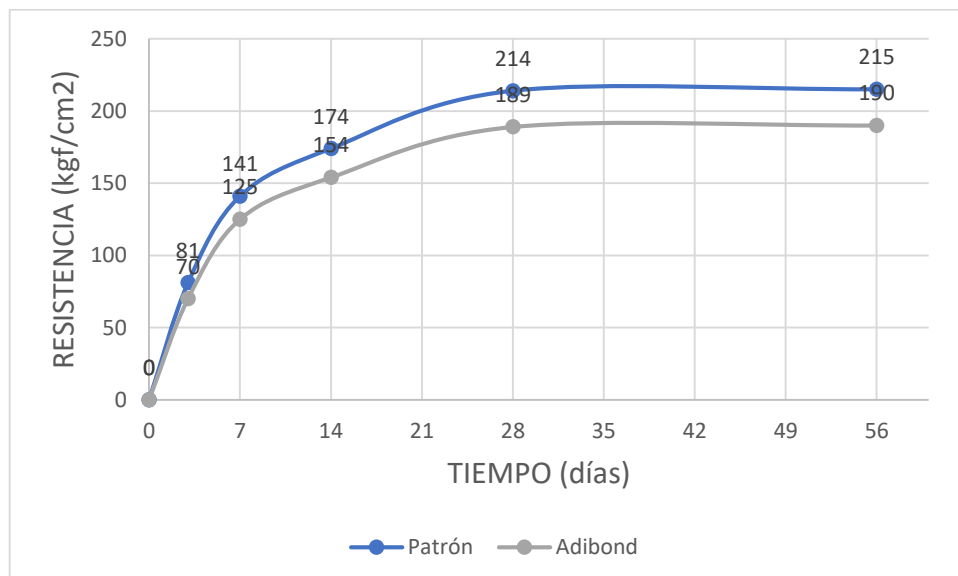


Figura 26. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond.

Como se puede evidenciar, los resultados de los ensayos a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo Adibond, nos da una resistencia máxima a compresión de 190 kgf/cm², por ende, la resistencia ha disminuido un 11.63 %.



Figura 27. Preparación del aditivo Adibond.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77.

Los resultados de la resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77, se presentan en la siguiente tabla.

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVO SIKADUR, (Ø =100 mm, h=200mm)									
PROBETA	RELACIÓN A/C (DISEÑO)	FECHA ELAB. 1	FECHA ELAB. 2	FECHA DE ENSAYO	EDAD (H. VIEJO)	EDAD (H. NUEVO)	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
					(días)	(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)

P31	0.45	16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	4948	63	62
P32		16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	4712	60	
P33		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	9032	115	116
P34		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	9189	117	
P35		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	12252	156	158
P36		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	12488	159	
P37		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	13902	177	176
P38		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	13744	175	
P39		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	13666	174	176
P40		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	13980	178	

Tabla 25. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón mediante el aditivo SikaTop 77.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la resistencia máxima se realizó un promedio entre la resistencia de los dos especímenes, y se realizó la curva resistencia versus tiempo que se muestra a continuación.

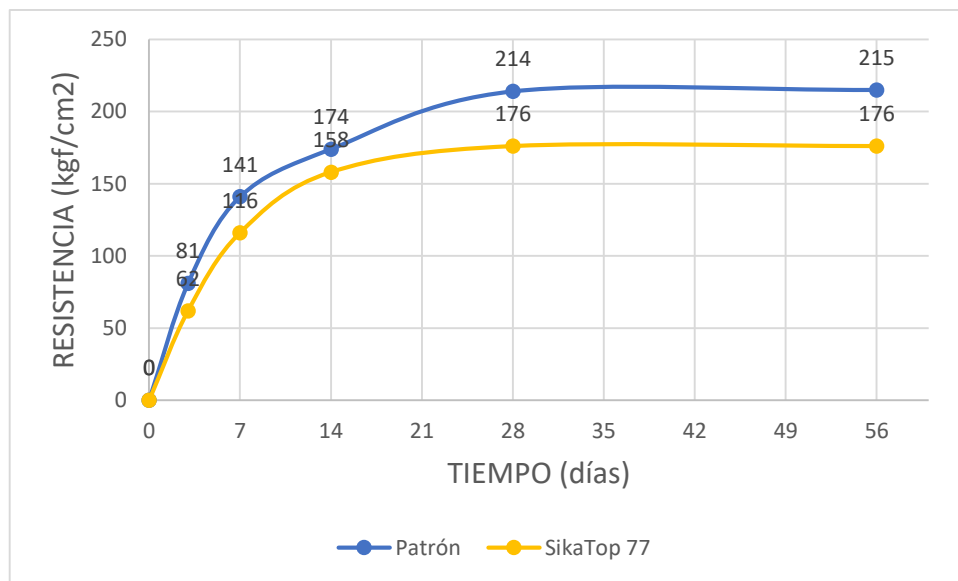


Figura 28. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop77.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77.

Como se puede evidenciar, los resultados de los ensayos a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, mediante el aditivo SikaTop 77, nos da una resistencia máxima a compresión de 176 kgf/cm², por ende, la resistencia ha disminuido un 18.14 %.



Figura 29. Preparación del aditivo SikaTop.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.9. Ensayo de resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo.

Los resultados de la resistencia a compresión de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo, se presentan en la siguiente tabla.

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS CON ADITIVO SIKADUR, ($\varnothing = 100$ mm, h=200mm)									
PROBETA	RELACIÓN A/C (DISEÑO)	FECHA ELAB. 1	FECHA ELAB. 2	FECHA DE ENSAYO	EDAD (H. VIEJO)	EDAD (H. NUEVO)	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
					(días)	(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
P41	0.45	16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	4398	56	55
P42		16/1/2023	18/1/2023	20/1/2023	6	3	4163	53	
P43		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	8090	103	105
P44		16/1/2023	23/1/2023	30/1/2023	14	7	8325	106	
P45		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	11860	151	150
P46		16/1/2023	30/1/2023	13/2/2023	28	14	11624	148	
P47		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	13116	167	166
P48		16/1/2023	13/2/2023	13/3/2023	56	28	12881	164	
P49		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	12959	165	167
P50		16/1/2023	13/3/2023	8/5/2023	112	56	13273	169	

Tabla 26. Resultados ensayo a compresión de 7, 14, 28 y 56 de la adherencia del hormigón sin aditivo.
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la resistencia máxima se realizó un promedio entre la resistencia de los dos especímenes, y se realizó la curva resistencia versus tiempo que se muestra a continuación.

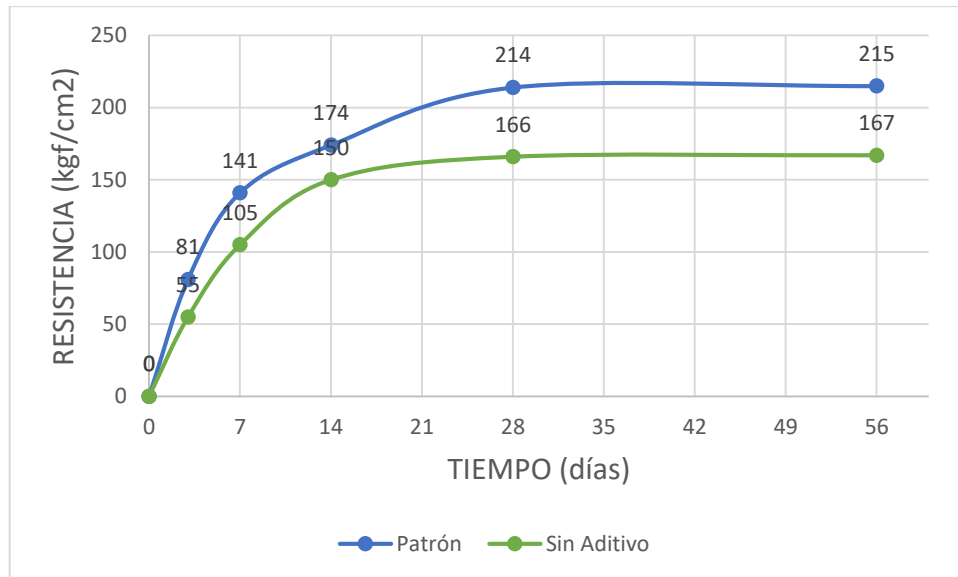


Figura 30. Curva resistencia vs tiempo de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, si aditivo.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.10. Discusión de resultados de los ensayos de resistencia a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo.

Como se puede evidenciar, los resultados de los ensayos a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con nuevo, sin aditivo, nos da una resistencia máxima a compresión de 167 kgf/cm², por ende, la resistencia ha disminuido un 22.33 %.

4.1.11. Comparativa del porcentaje de variación de las resistencias promedio obtenidas entre los ensayos

Los porcentajes de variación de las resistencias promedio obtenidas de los ensayos a compresión, de la adherencia del hormigón viejo con hormigón nuevo, se presentan en la siguiente tabla.

ADITIVO	EDAD	RESISTENCIA	PORCENTAJE DE DIFERENCIA
	(días)	(kgf/cm ²)	
SIKADUR	3	73	9.88
	7	131	7.09
	14	162	6.90
	28	195	8.88
	56	197	8.37
ADIBOND	3	70	13.58
	7	125	11.35
	14	154	11.49
	28	189	11.68
	56	190	11.63
SIKATOP 77	3	62	23.46
	7	116	17.73
	14	158	9.20
	28	176	17.76
	56	176	18.14
SIN ADITIVO	3	55	32.10
	7	105	25.53
	14	150	13.79
	28	166	22.43
	56	167	22.33

Tabla 27. Resultados del porcentaje de variación en los ensayos a compresión.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 31, se muestra los porcentajes de variación de las resistencias promedio a los días de estudio.

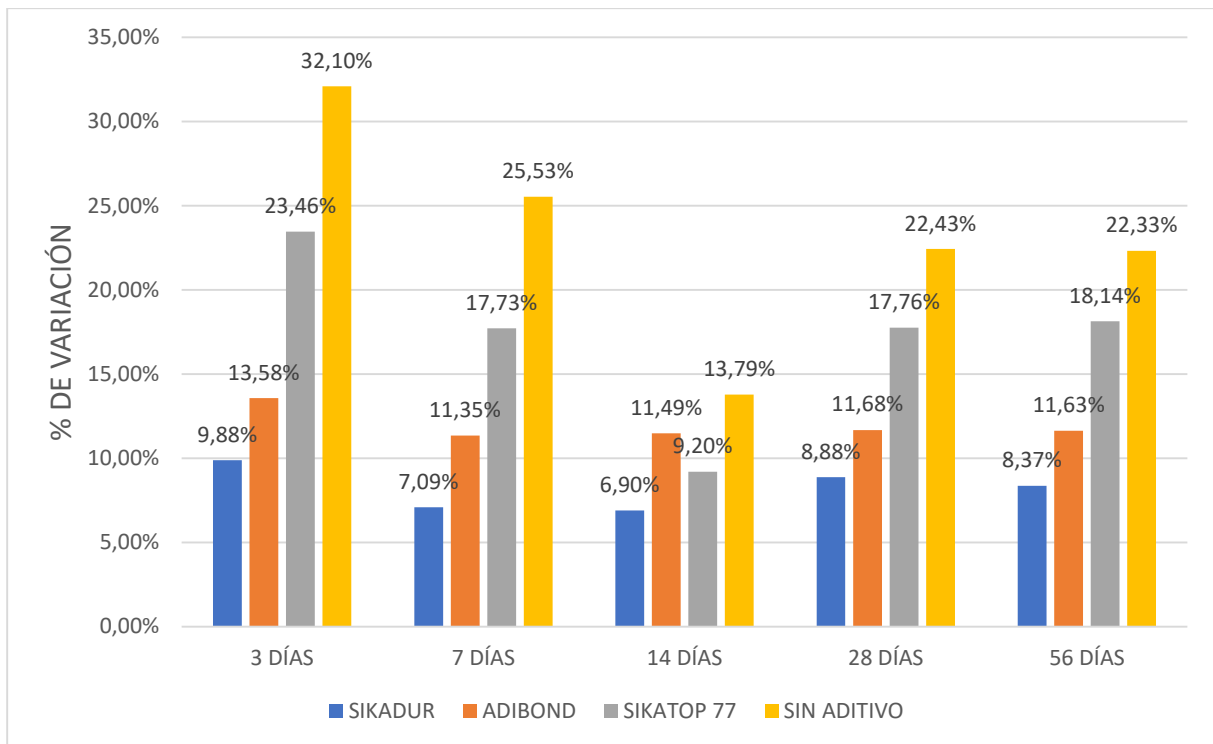


Figura 31. Comparativa de los porcentajes de variación de las resistencias promedio.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.12. Comparativa el esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima obtenida entre los ensayos

Se determinó el esfuerzo en el plano de corte para compararlo con la resistencia máxima obtenida de los especímenes, se presentan en la siguiente tabla.

ADITIVO	EDAD	MAX. FUERZA	RESISTENCIA	FUERZA PLANO DE CORTE (N)	FUERZA PLANO DE CORTE (V)	RESISTENCIA (N)	RESISTENCIA (V)
	(días)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
SIKADUR	3	5733	73	4965	2867	63	37
	7	10289	131	8911	5145	113	66
	14	12723	162	11018	6362	140	81
	28	15315	195	13263	7658	169	98
	56	15472	197	13399	7736	171	98
ADIBOND	3	5498	70	4761	2749	61	35
	7	9817	125	8502	4909	108	63
	14	12095	154	10475	6048	133	77
	28	14844	189	12855	7422	164	94
	56	14923	190	12924	7462	165	95
SIKATOP 77	3	4869	62	4217	2435	54	31
	7	9111	116	7890	4556	100	58
	14	12409	158	10747	6205	137	79
	28	13823	176	11971	6912	152	88
	56	13823	176	11971	6912	152	88
SIN ADITIVO	3	4320	55	3741	2160	48	28
	7	8247	105	7142	4124	91	53
	14	11781	150	10203	5891	130	75
	28	13038	166	11291	6519	144	83
	56	13116	167	11359	6558	145	83

Tabla 28. Resultados de la fuerza en el plano de corte y la resistencia máxima.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 32, se muestra la variación de la fuerza n el plano de corte con la resistencia máxima, a los 3 días.

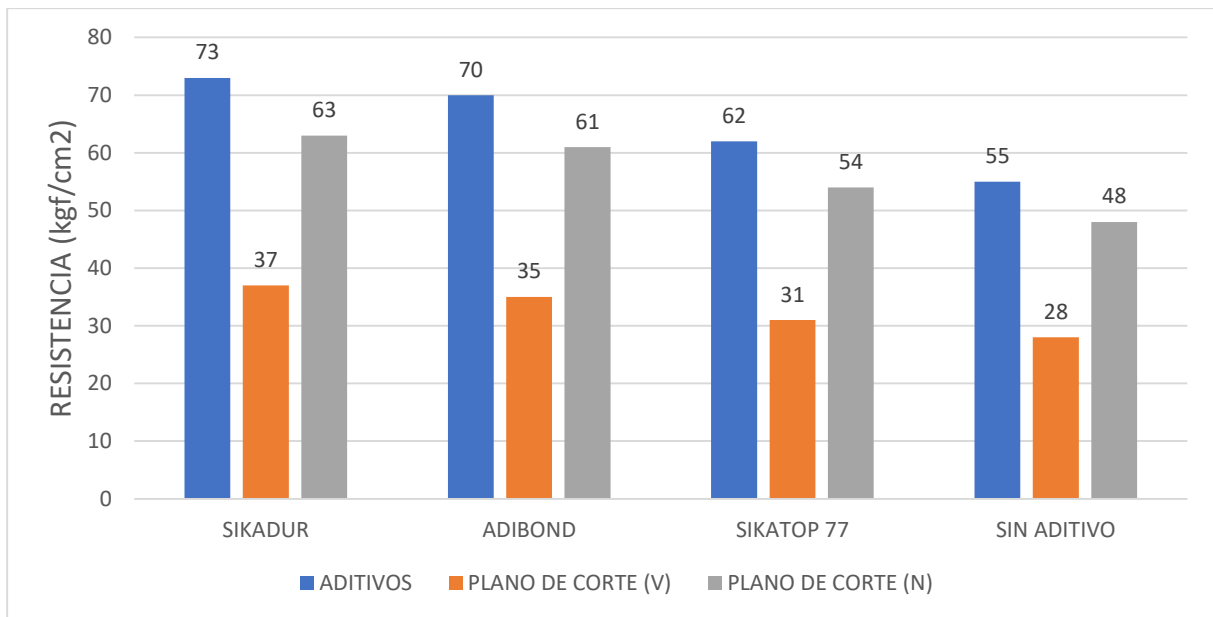


Figura 32. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 3 días.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 33, se muestra la variación de la fuerza n el plano de corte con la resistencia máxima, a los 7 días.

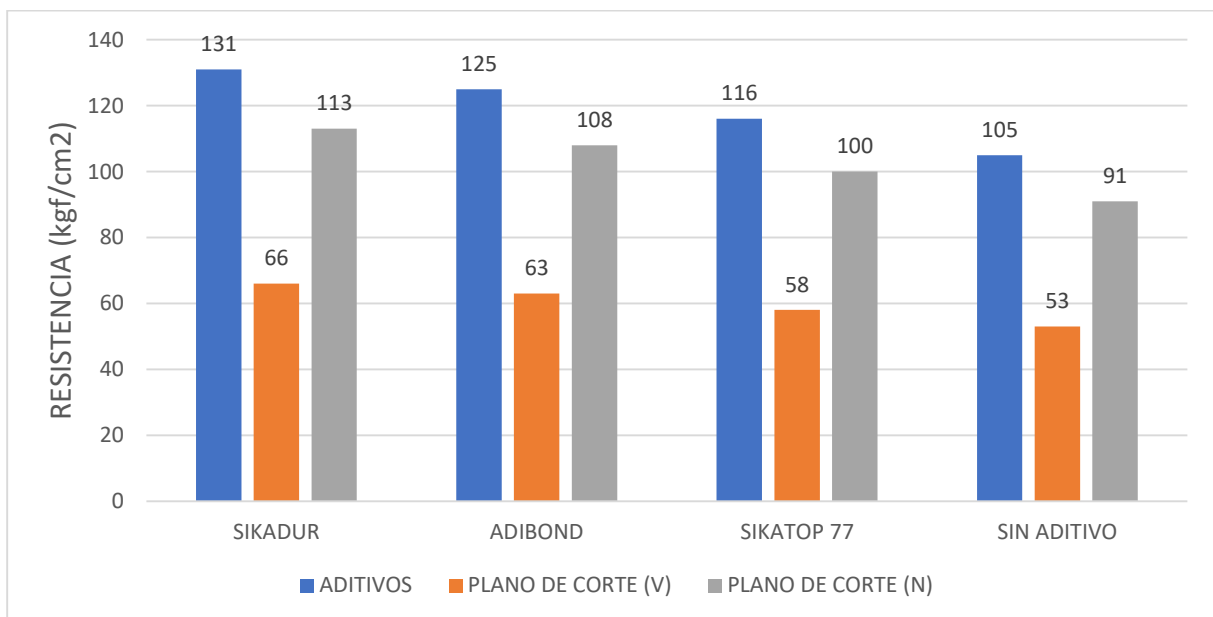


Figura 33. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 7 días.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 34, se muestra la variación de la fuerza n el plano de corte con la resistencia máxima, a los 14 días.

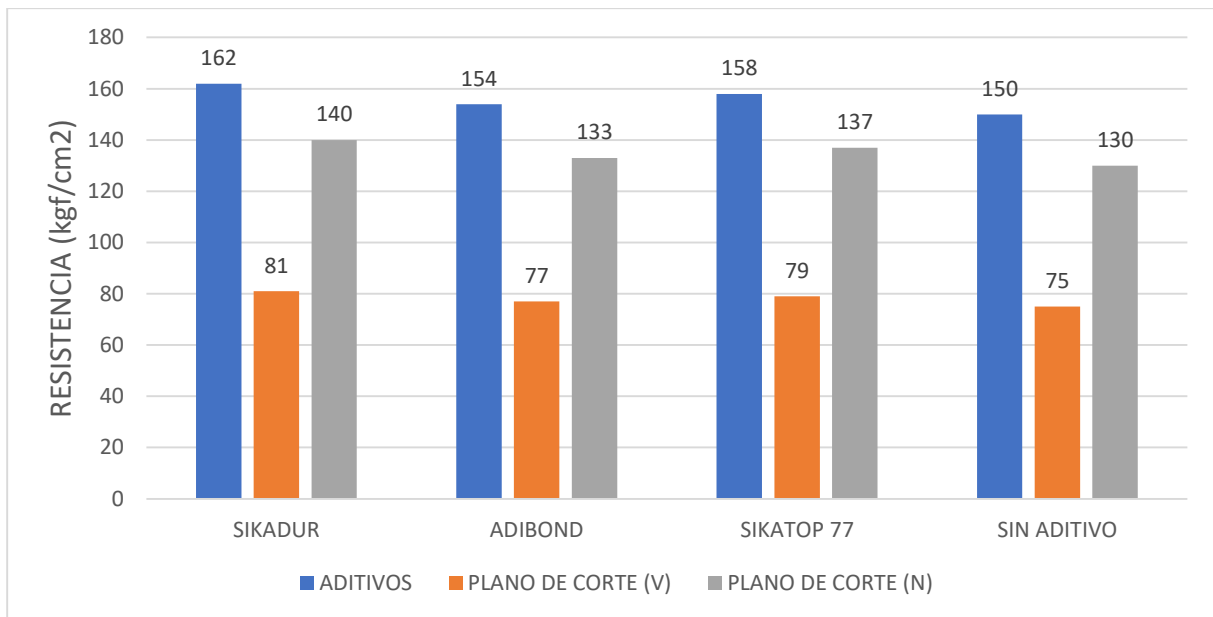


Figura 34. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 14 días.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 35, se muestra la variación de la fuerza n el plano de corte con la resistencia máxima, a los 28 días.

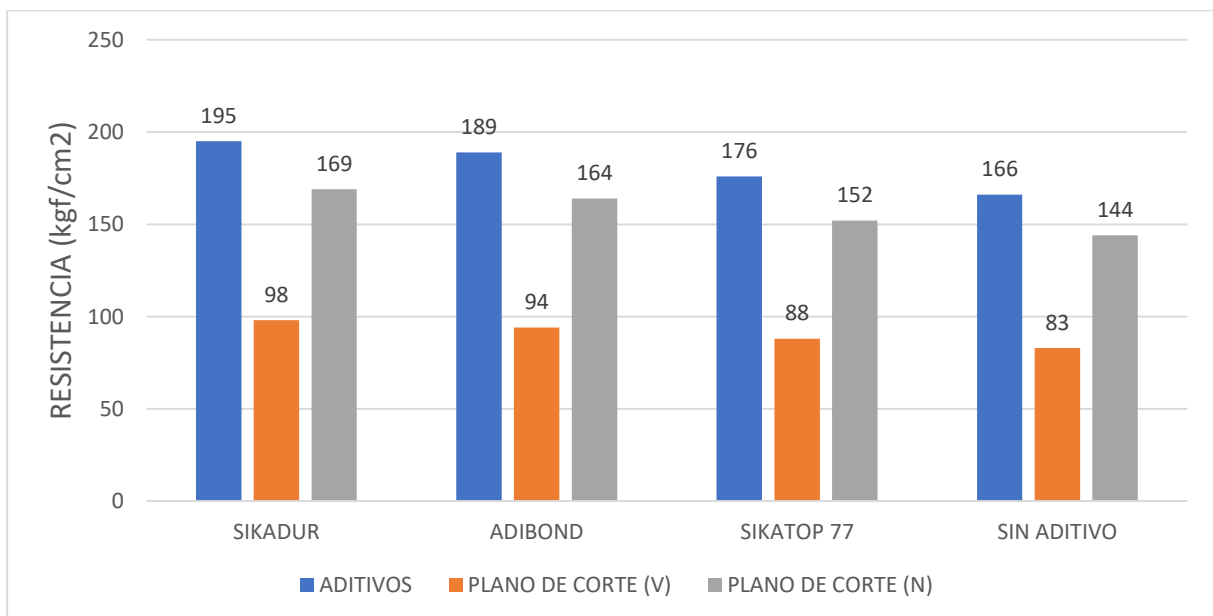


Figura 35. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 28 días.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 36, se muestra la variación de la fuerza n el plano de corte con la resistencia máxima, a los 56 días.

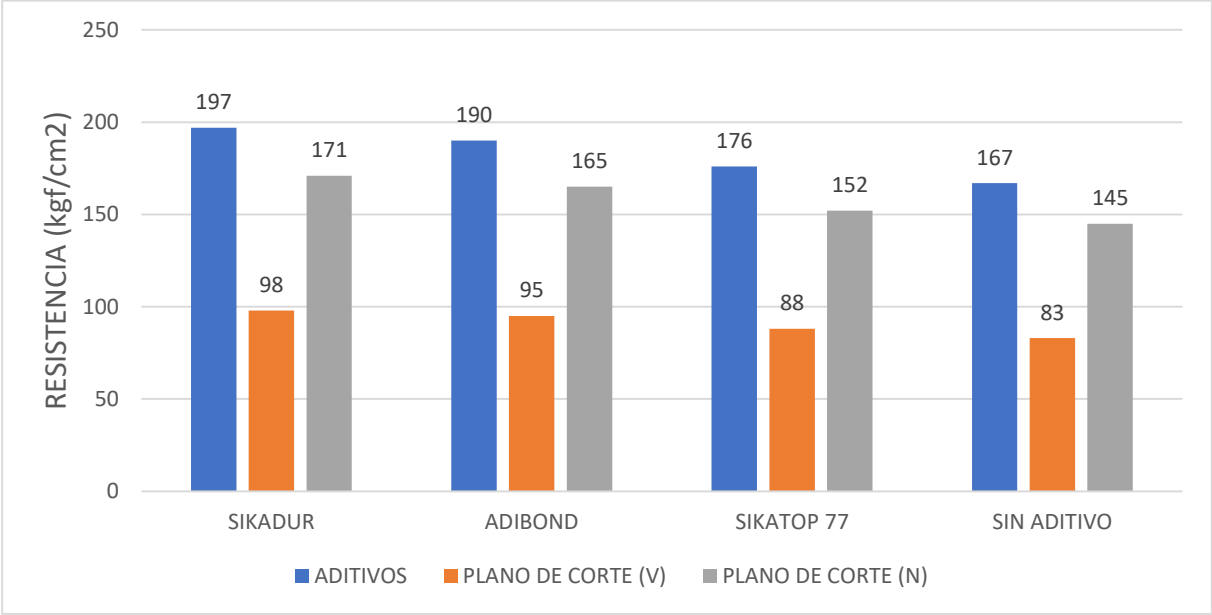


Figura 36. Comparativa del esfuerzo en el plano de corte con la resistencia máxima, a los 56 días.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Luego de realizar los cilindros de manera experimental, se puede decir que en las probetas unidas mediante Sikadur 32, se obtuvo unos resultados más favorables, aplicando a todas las muestras la misma dosificación obtenida de la muestra patrón y la misma carga en la prensa hidráulica. Se tiene en consideración que las juntas unidas fueron en un ángulo de 30°, por lo que la adherencia y resistencia más óptima se la encontró mediante este compuesto.
- La dosificación óptima para realizar los ensayos se obtuvo después de realizar la granulometría correcta de los materiales, para la resistencia de 210 kgf/cm², mediante el método de Fuller – Thompson, que resultó el más práctico y eficaz para la realización de esta investigación.
- Las variaciones encontradas en la resistencia del hormigón después de ser sometido a cargas de compresión, se vieron afectadas notablemente dependiendo del tipo de aditivo usado o si no se usó ninguno. Los resultados obtenidos los apreciamos en las tablas anteriores donde se aprecia la notable diferencia al usar aditivo o no.
- Los resultados de los ensayos presentan una disminución en la resistencia del 8.37% con Sikadur, el 11.63% con Adibond y con SikaTop 18.14% a los 28 días de curado en las muestras. Siendo notable la diferencia que se presenta en la muestra patrón con una disminución de 22.33%.

5.2. Recomendaciones

- Luego de analizar las consecuencias por el mal uso de unión entre hormigones viejos con hormigones nuevos, podemos recomendar que el uso de estos se los realice con mayor frecuencia y exista más concientización cuando se trate de estos aditivos que a diferencia de los demás que sirven para diversos temas diferentes, son más requeridos a nivel de obras.
- Para obtener un conocimiento más óptimo, se recomienda realizar las pruebas en muestras que tengan diferentes ángulos como de 45°, 60°, 75° entre otros, obteniendo de esta manera diferentes planos de falla para analizar el comportamiento de la adherencia frente a estas variables.

➤ CAPÍTULO VI

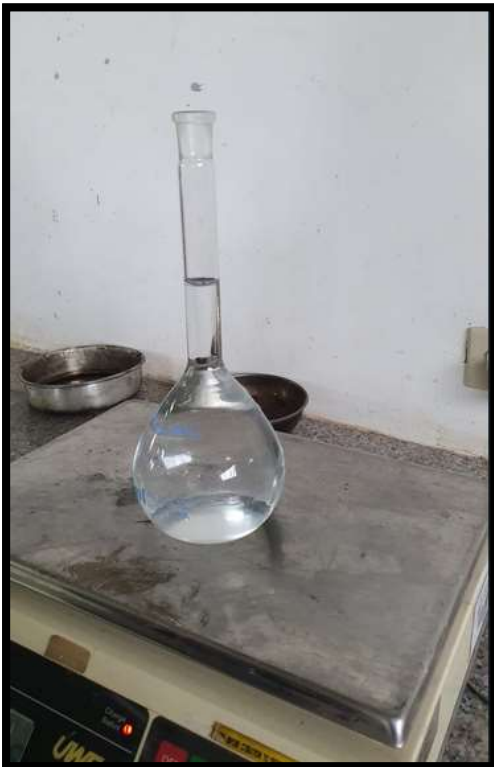
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 503.5R. (1992). *ACI 503.5R - Guide for the Selection of Polymer Adhesives with Concrete* | GlobalSpec. <https://standards.globalspec.com/std/873954/aci-503-5r>
- Adibond. (2018). *Ficha-tecnica-adibond*. <https://www.aditec-ec.com/productos//union-y-reparacion-de-hormigon/adibond-1/ficha-tecnica-adibond-1.pdf>
- ASTM C-881. (2014). *Adhesivos _construccion_ Reparacion _Estruct_Concret%20Sika Informaciones Tecnicas.pdf*. https://dom.sika.com/dms/getdocument.get/3e91bf08-086e-3bbe-ad2a-fb303791fba1/Adhesivos_construccion_%20Reparacion%20_Estruct_Concret%25Sika%20Informaciones%20Tecnicas.pdf
- Curi. (2018). *Análisis de resistencia a la comprensión en unión de concreto antiguo y nuevo, aplicando adhesivos epóxicos*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31490/Curi_CCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giraldo. (2004). *DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN METODOS EMPÍRICOS Y ANALÍTICOS*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/50123/3352874.19946.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2011). *ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO*. 12.
- Mc Cormac, J. B., Russell. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. Alfaomega Grupo Editor.

- Ninaquispe. (2020). “*RECUPERACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DE DISEÑO UTILIZANDO ADHESIVO EPÓXICO EN VIGAS DE CONCRETO, VACIADO A DOS FASES*”. *UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA CIENTÍFICA DE LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS*.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24335/Ninaquispe%20Portilla%20Marco%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ovalle. (2013). *Estudio numérico de la distribución granulométrica «óptima» de Fuller y Thompson*.
- Rodriguez, C. (2018). *BENEFICIOS AL INCORPORAR ADITIVO PLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE EN EL CONCRETO EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE PISTAS Y VEREDAS DEL DISTRITO DE VICCO - PASCO*.
- Romo. (2008). *TEMAS DE HORMIGÓN ARMADO*.
- Sika. (2018). *Sika_viscobond*.
https://ecu.sika.com/content/dam/dms/ec01/t/sika_viscobond_.pdf
- SikaTop. (2014). *SikaTop_77_PDS*.
https://ecu.sika.com/content/dam/dms/ec01/1/SikaTop_77_PDS.pdf
- Valdez. (2016). *Cienciasur vol2 nro3 art5—Estudio de la Adherencia en la Unión de Hormigón Nuevo con Hormigón—Studocu*.
<https://www.studocu.com/row/document/universidade-politecnica/calculo/cienciasur-vol2-nro3-art5/4859502>

CAPÍTULO VII

ANEXOS











AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Jonathan Xavier Chalán González portador de la cédula de ciudadanía N.º 1104851793 y Gioconda Mabel Sánchez Marca portador de la cedula de ciudadanía N.º 0107281289. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Estudio de la adherencia en la unión de hormigón viejo con hormigón nuevo mediante aditivos” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de junio del 2023

F: 

Jonathan Xavier Chalán González
1104851793

F: 

Gioconda Mabel Sánchez Marca
0107281289