UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

FABRICACIÓN DE UN PUENTE DE ADHERENCIA PARA EL ANCLAJE DE CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO EMPLEANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

Realizado por:

Br. Figuera, S., Raúl R. **Br. Flores, B., Oriana R.**

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial para optar al Título de:

Ingeniero Civil

Cantaura, mayo de 2024

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

FABRICACIÓN DE UN PUENTE DE ADHERENCIA PARA EL ANCLAJE DE CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO EMPLEANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

Revisado por:

Prof. Álvarez, Jesús
Tutor Académico

Cantaura, mayo de 2024

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

FABRICACIÓN DE UN PUENTE DE ADHERENCIA PARA EL ANCLAJE DE CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO EMPLEANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Jurado Calificador

Prof. Gabriela Prado
Jurado Principal

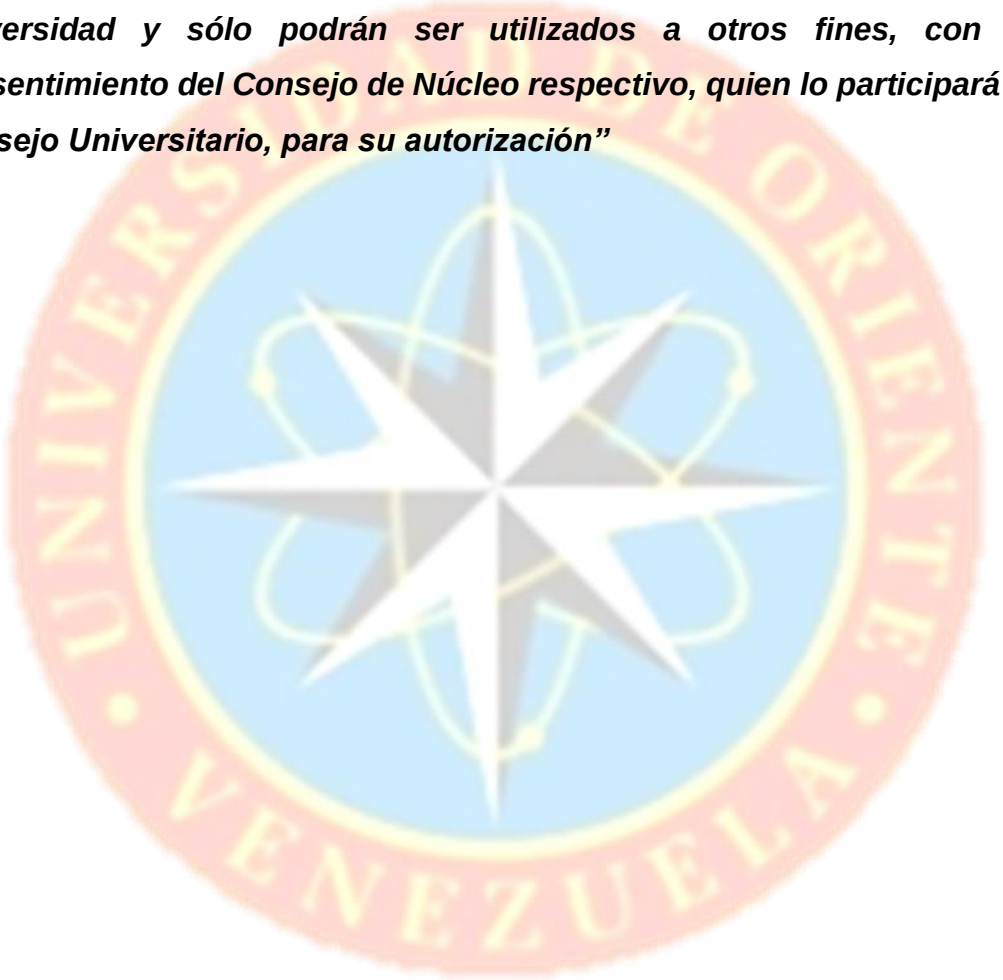
Prof. Guillermo Serrano
Jurado Principal

Cantaura, mayo de 2024

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente.

"Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario, para su autorización"



DEDICATORIA

A Jehová, sin él no hubiese sido posible lograr mis metas, por sostenerme de su mano y cuidarme, proveerme sabiduría, salud y darme la fuerza necesaria para seguir enfrentando los obstáculos que se me han impuesto y superarlos.

A mis padres, José Flores y Nivia Barrios, por dedicarme todo su amor incondicional, nunca se han rendido conmigo, me han enseñado que lo que dice la Biblia en Marcos 9:23. "*Si puedes creer, al que cree todo le es posible*", es real.

A mis hermanos, Pedro Flores y José Flores por su apoyo, siempre a mi lado, en los buenos y malos momentos, los amo hermanos.

A mi abuela, Amelia Flores, ejemplo de que con trabajo, esfuerzo y tesón, todo se puede lograr, gracias por amarme tanto.

A mis tías Rosa, Noemí, Adelia y Ester Flores, a Xuxa Dos Santos y a mis familiares en general por sus consejos, motivación y cariño durante todo el tiempo que hemos estado juntos.

A todos mis hermanos en Cristo, que me han apoyado en oración en todo este tiempo.

A Raúl Figuera, compañero de investigación, ha sido un largo transitar a su lado, pero al fin logramos la meta propuesta.

Oriana Flores

DEDICATORIA

A Dios quien ha guiado mis pasos con amor, fortaleza y fe para cumplir uno de mis más anhelados sueños.

A mis padres, Ana Santoyo y Jaime Figuera, por ser la razón de mi existencia, que gracias a sus consejos, cariño, esfuerzo diario y apoyo incondicional, hicieron posible que culminara con éxito una etapa más de mi vida.

A mi familia en general, por su amor, consejos y apoyo durante todo este tiempo.

A mi amiga, Oriana Flores, me ha brindado toda su paciencia y apoyo, con quien tengo el privilegio de realizar este trabajo de grado.

Raúl Figuera

AGRADECIMIENTO

A nuestro Tutor, Prof. Jesús S. Álvarez, por darnos la idea, por aceptar el proyecto, brindarnos sus conocimientos, por siempre estar dispuesto a ayudarnos con el procedimiento del presente proyecto, agradecidos por habernos aceptado para la realización del mismo y por prestarnos las instalaciones, materiales, herramientas y equipos de su empresa ALEXCAR, C.A.

A todo el compendio de profesores en el área de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente - Extensión Cantaura, por su esfuerzo diario para impartir sus conocimientos sin importar las circunstancias y condiciones, con el solo objetivo de prepararnos como profesionales.

A la Dirección, Administración, obreros y trabajadores que hacen vida en la Universidad de Oriente - Extensión Cantaura, por siempre estar puestos al bienestar de cada bachiller que forma parte de la casa de estudios más alta del Oriente del país.

A la Ing. Luisa Carnevall, al Ing. Gilberto Pinto de la Planta venezolana de Cementos Simpca y al Ing. José Aguilar de la Planta de cementos Kariña, en El Tigre, Estado Anzoátegui, por su generosidad para permitirnos realizar la prueba de compresión en su laboratorio.

A nuestros compañeros, por tantas sonrisas y tiempo compartido en este camino lleno de emociones, agradecidos siempre por los buenos y malos momentos juntos.

Oriana Flores y Raúl Figuera

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

FABRICACIÓN DE UN PUENTE DE ADHERENCIA PARA EL ANCLAJE DE CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO EMPLEANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

Tutor:
Prof. Álvarez, Jesús
Autor (es):
Br. Figuera, Raúl
Br. Flores, Oriana
Fecha: mayo, 2024

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo fabricar un adhesivo como puente de adherencia con materiales de bajo costo, para unir concreto fresco a concreto ya fraguado, siendo esta de tipo y diseño experimental. Con la finalidad de aplicar el adhesivo en estructuras ya culminadas que requieran la continuación de un elemento estructural como losas de techo, columnas y vigas, entre otros. Para la determinación de su correcto funcionamiento fue necesario realizar diversas pruebas, iniciando por el desarrollo de distintas mezclas con dosificaciones variadas, hasta encontrar la óptima para luego comprobar el comportamiento del adhesivo con respecto a temperatura y ambientes húmedos, todo esto usando como referencia la norma ASTM C 1059, siendo esta una guía para la correcta aplicación del adhesivo sobre la superficie del concreto ya fraguado. En definitiva, dentro del nivel de investigación es explicativa por el proceso de cada uno de los procedimientos alcanzados, donde se obtuvo que el pegamento fabricado cumple con la norma especificada. El mismo posee características superiores al mejor producto expuesto en el mercado Sikadur 32 primer, siendo su ventaja principal el soporte de altas temperaturas, su trabajabilidad en temperaturas de 30 Cº y la economía del producto por unidad de kg.

Palabras claves: Adhesivo, concreto, resistencia, mezcla, puente de adherencia.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN iv
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vii
RESUMEN viii
ÍNDICE GENERAL ix
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xv
ÍNDICE DE GRÁFICAS xvii
INTRODUCCIÓN xviii
CAPÍTULO I 22
EL PROBLEMA 22
1.1 Planteamiento del problema 22
1.2 Objetivos de la Investigación 26
1.2.1 Objetivo General 26
1.2.2 Objetivos Específicos 26
1.3 Generalidades 27
1.3.1 Ubicación 27
1.3.2 Identificación de la empresa 28
1.4 Justificación 28
CAPÍTULO II 30
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 30

2.1 Antecedentes de la Investigación 30
2.2 Bases Teóricas Referenciales 31
2.2.1 Materiales de construcción 31
2.2.2 Adhesivos 32
2.2.3 Adhesión 39
2.2.4 Puente de adherencia 41
2.2.5 Reacciones químicas 42
2.2.6 Tiempo de aplicación de la mezcla 43
2.2.7 Mezclas 44
2.2.8 Concreto 46
2.2.9 Cemento 50
2.2.10 Resistencia a la compresión 52
2.2.11 Testigo de concreto 55
2.2.12 Adherencia entre concretos 55
2.2.13 Materiales empleados en los ensayos para la fabricación del adhesivo 56
2.3 Definición de términos básicos 58
CAPÍTULO III 60
MARCO METODOLÓGICO 60
3.1 Tipo de investigación 60
3.2 Nivel de investigación 61
3.3 Técnicas de investigación 61
3.3.1 Técnicas de recolección de datos 61

3.3.2 Revisión documental 62
3.3.3 Observación directa 62
3.3.4 Guía de observación 62
3.4 Instrumentos de recolección de datos 63
3.4.1 Libreta de anotaciones 63
3.4.2 Fotos y videos 63
3.4.3 Guía de encuesta 64
3.4.4 Cuadro comparativo 64
3.5 Herramientas 64
3.5.1 Computador PC 64
3.5.2 Memoria USB (pendrive) 64
3.5.3 Programas 65
3.5.4 Herramientas de oficina 65
3.5.5 Teléfono inteligente 65
3.6 Técnicas de análisis y procesamiento de datos 65
3.6.1 Análisis cualitativo 65
3.6.2 Análisis cuantitativo 66
3.7 Flujograma de la metodología y su descripción 66
3.7.1 Descripción del flujograma de la metodología 68
CAPÍTULO IV 83
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 83
4.1 Identificación de los materiales más prometedores para la preparación de las mezclas en la fabricación del adhesivo 83

4.2 Establecimiento del prototipo de mezcla óptima, variando las proporciones en la elaboración del pegamento como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado 91
4.2.1 Ensayo de tiempo de curado 96
4.2.2 Ensayo de humedad 98
4.2.3 Ensayos de temperatura o prueba térmica 100
4.3 Demostración otros usos donde puede ser aplicado el pegamento .. 102
4.3.1 Ensayo con concreto ya fraguado 103
4.3.2 Ensayo con madera y concreto ya fraguado 103
4.3.3 Ensayo con madera 104
4.3.4 Ensayo con PVC 106
4.3.5 Ensayo con mármol 107
4.3.6 Ensayo con mármol y concreto fraguado 108
4.4 Ensayo de compresión 109
4.4.1 Equipos usados para el desarrollo de los especímenes 109
4.4.2 Preparación de la mezcla de concreto a ensayar 110
4.4.3 Preparación del espécimen compuesto 111
4.4.4 Curado y ensayo 111
4.4.5 Condiciones de transporte 112
4.4.6 Observaciones y resultados arrojados por los especímenes 113
4.5 Análisis de costo comparativo, sobre el pegamento fabricado y el producto expuesto en el mercado, utilizando el programa LuloWin 118
CAPÍTULO V 121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 121

5.1 Conclusiones 121
5.2 Recomendaciones 123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125
HOJAS DE METADATOS 128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos y principales componentes de los adhesivos 37

Tabla 2. Descripción de materiales utilizados para fabricación del adhesivo 84

Tabla 3. Nomenclatura, cantidad de materiales y porcentajes de mezclas .. 85

Tabla 4. Resultado de las mezclas elaboradas para descubrir los materiales más efectivos para la fabricación del pegamento con diferentes proporciones y duración de gelado..... 87

Tabla 5. Resultado de mezclas realizadas para encontrar los materiales más efectivos en la fabricación del pegamento a diferentes proporciones, tiempo de gelado a 1 hora y la humedad del área a utilizar 89

Tabla 6. Nomenclatura, cantidad de materiales y porcentajes de la mezcla (Mz3) como foco de preparación 92

Tabla 7. Resultados obtenidos a partir de la mezcla Mz 3, variando sus proporciones y concentración para encontrar los materiales más efectivos en la fabricación del pegamento con una duración de 1 hora de gelado 93

Tabla 8. Prueba del pegamento en condiciones húmedas por medio de la conexión en la junta fría formada..... 99

Tabla 9. Resultados de las mezclas sometidas a prueba de temperatura en un horno..... 101

Tabla 10. Cuadro comparativo del producto fabricado y productos comerciales para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado..... 117

Tabla 11. Cuadro comparativo del costo del adhesivo fabricado y el producto SIKA para adherir concreto fresco al concreto ya fraguado 120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la empresa Alexcar, C.A..... 27

Figura 2. Esquema de una unión adhesiva..... 39

Figura 3. Flujograma de la Investigación 67

Figura 4. Comprobación de la mezcla como puente de adherencia 71

Figura 5. Comprobación de la adherencia entre concretos 72

Figura 6. Comprobación del gelado de la mezcla en un lapso de 1 hora 74

Figura 7. Comprobación de la filtración por la generación de la junta fría, sin la aplicación de las mezclas seleccionadas..... 75

Figura 8. Eliminación de la junta fría por la aplicación de las mezclas preseleccionadas..... 76

Figura 9. Horno empleado en la prueba de temperatura con duración de 1 hora a 232 °C..... 77

Figura 10. Comprobación del soporte de temperatura a la cual fueron sometidas las mezclas preseleccionadas..... 77

Figura 11. Comprobación de la resistencia a la compresión del testigo 1 y el testigo 2 79

Figura 12. Comprobación resistencia a la compresión de la mezcla óptima 80

Figura 13. Eliminación de la junta fría por la aplicación de las mezclas óptimas preseleccionadas en condiciones de humedad extrema 98

Figura 14. Resultado de las mezclas preseleccionadas sometidas a la prueba de temperatura (232 °C) en un horno con una duración de 1 hora..... 100

Figura 15. Demostración de la unión del puente de adherencia en piezas de madera utilizando la mezcla óptima (Mz F) 105

Figura 16. Demostración de adherencia entre dos piezas de tubos PVC, sin filtración de agua..... 106
Figura 17. Demostración de adherencia de dos piezas de mármol 108
Figura 18. Demostración de adherencia de piezas de mármol al concreto 109
Figura 19. Preparación de la mezcla de concreto a ensayar 110
Figura 20. Condiciones de transporte 113
Figura 21. Ensayo de compresión aplicado al testigo 1 115
Figura 22. Ensayo de compresión aplicado al testigo 2 115
Figura 23. Ensayo de compresión aplicado al testigo 3 116
Figura 24. Resultado testigo 3 luego de aplicar la prueba de compresión. 116
Figura 25. Presupuesto de la fabricación de pegamento de contenido neto 1 kg 118
Figura 26. Partida fabricación de pegamento de contenido neto 1 kg 119

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentajes de los materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz C) para la determinación de la mezcla óptima 94

Gráfica 2. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz F) para la determinación de la mezcla óptima……..95

Gráfica 3. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz I) para la determinación de la mezcla óptima..... 95

Gráfica 4. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz C ... 97

Gráfica 5. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz F ... 97

Gráfica 6. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz I..... 98

Gráfica 7. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 103

Gráfica 8. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 104

Gráfica 9. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 105

Gráfica 10. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 106

Gráfica 11. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 107

Gráfica 12. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima en otros usos del adhesivo 108

INTRODUCCIÓN

Los adhesivos son sustancias que se aplican entre las superficies de dos materiales que permiten una unión resistente a la separación, el uso del pegamento para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, es un tema innovador en el mercado para este producto, la norma ASTM C-1059 para agentes látex, los clasifica en Tipo I y Tipo II. Los de Tipo I se utilizan en interiores, en superficies donde no haya contacto con la humedad, dado que estos reaccionan con el agua, y los Tipo II, pueden ser utilizados en superficies secas y con humedad.

Por lo cual, los puentes de adherencia son muy necesarios en los proyectos de Ingeniería Civil, siendo cruciales para la integridad estructural de cualquier construcción de concreto, dado que es muy probable que las obras tengan que ser suspendidas por diversas variables como lo pueden ser la falta de recursos económicos, la venta de la construcción a otro propietario, entre otros, es por ello que surge la necesidad de continuar o ampliar dicha edificación, ya sea al verter una losa u otro elemento de concreto, implicando el uso de un adhesivo para la adherencia del concreto fresco al concreto fraguado.

Una unión eficaz implica la interacción de dos fuerzas naturales, la cohesión y la adhesión, no basta con que el adhesivo se adhiera a una superficie, debe adherirse a sí mismo a nivel interno. El mecanismo preciso que hay detrás de la adherencia es muy complejo y varía de una sustancia a otra, involucrando principalmente la adsorción, definiéndose como la unión de átomos, iones o moléculas de una sustancia en fase fluida (gas, líquido o sólido en disolución) sobre una interface, implicando a profundidad una reacción

química en la formación molecular entre el pegamento y los materiales donde se aplican.

A su vez, cada adhesivo es diferente en su composición química, en el tipo de interfaz formada entre las moléculas, por lo que, el fenómeno de unión se debe al establecimiento de fuerzas intermoleculares entre las cadenas poliméricas del pegamento. Además, cuando este se extiende, humedece la superficie sobre la que se aplica y las fuerzas electrostáticas conocidas como fuerzas de Van der Waals, hacen presión entre las moléculas de la mezcla y la superficie para unirlas, cubriendo toda el área con un espesor de 1 mm para que este funcione adecuadamente.

En ese contexto, la importancia de la existencia en el mercado actual del adhesivo, recae en que, por medio de dicho producto, se puede adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, de acuerdo a las especificaciones de su uso. La empresa Suiza SIKA es una compañía especializada en productos químicos, líder en el desarrollo y producción de los mismos, donde se puede mencionar el pegamento patentado (Sikadur®-32 Primer), el cual posee un alto costo en el mercado pero ofrece efectividad y cumple con la función de adherir concreto fresco a concreto ya fraguado.

De allí, la importancia de crear un adhesivo que sea de elección económica, eficiente y seguro en su empleo. Por lo cual, se demostrará a través de ensayos la evaluación de las mezclas sometidas a ensayos de temperatura o prueba térmica, ensayo de compresión y ensayo de humedad, la efectividad y seguridad de la muestra óptima, comparándola con las características del producto expuesto en el mercado como el Sikadur®-32 Primer, siendo el producto capaz de superar al antes mencionado.

Es evidente, que al desarrollar un producto fabricado por medio del estudio de los materiales a utilizar y lograr una economía en el gasto de fabricación, genera ventajas a la hora de realizar una construcción, dado que, un presupuesto asequible es vital para el avance de una obra, por lo cual los materiales deben de ser de alta calidad, siendo necesario que el pegamento cumpla con las características de adherencia.

De todo esto se desprende que, el propósito de esta investigación es identificar los materiales más prometedores para una mezcla óptima y así obtener un adhesivo de alto rendimiento. Demostrando que funcionan para unir concreto fresco con concreto fraguado, aplicando la norma ASTM C 1059, en diferentes condiciones, empleándolo además, en otros materiales como la madera y el mármol. Enfatizando los resultados obtenidos a través de la aplicación del pegamento, siendo este un producto comerciable en el mercado. En concordancia con lo antes planteado, la presente investigación se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I. El problema: En este capítulo se describe de manera concisa el desarrollo del planteamiento del problema, los alcances, los objetivos, tanto general como específicos y las generalidades proyectadas en la investigación, además de la justificación y los parámetros requeridos para llevar a cabo este proyecto.

Capítulo II. Marco teórico: Este capítulo presenta los antecedentes de la investigación, igualmente se definen los criterios teóricos relevantes que sustentaran la investigación porque forman la base conceptual del contenido teórico indagado, además de los términos básicos necesarios para lograr el entendimiento pleno del tema en cuestión, empleado en este trabajo de investigación.

Capítulo III. Marco metodológico: Se especifica la metodología utilizada, indicando el tipo y nivel de la investigación, también se establecen las técnicas e instrumentos aplicados para la recolección de datos, las herramientas, las técnicas de análisis de datos, además del flujograma de la metodología y su descripción.

Capítulo IV. Análisis de los resultados: Presenta el análisis de los resultados alcanzados con los objetivos planteados, por medio de las pruebas realizadas para encontrar la mezcla óptima de adhesivo, comprobando su uso y bajo costo. Demostrando a través de tablas, gráficos y presupuestos, la validación de la información presentada, describiendo todos los aspectos relevantes de la investigación.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones: Este capítulo presenta los hallazgos relevantes de la investigación, obtenidos de los resultados que se lograron a lo largo del proceso de experimentación, directamente relacionados con los objetivos, incluye las recomendaciones, las cuales dan una perspectiva a lo propuesto en el trabajo de investigación, aportando las recomendaciones para futuros trabajos. De la misma manera, se presentan las referencias y los anexos, los cuales aportan más información acerca del estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El uso del concreto empezó con los Romanos en el siglo IX A.C, en el cual se emplearon como materiales primarios para formar el cemento cal, ceniza volcánica, polvo de ladrillo y piedra, denominado puzzolana; desde esa fecha, el concreto ha venido evolucionando y mejorando sus características y propiedades según lo que la sociedad y el medio demandan, está compuesto por diferentes materiales, principalmente cemento, agua, agregado fino, piedras trituradas o grava. El concreto, como material usado en todo tipo de edificaciones es sumamente moldeable, sin embargo, a menudo surge la necesidad de una adecuada adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado, por lo que, al momento de unir concretos es necesario el uso de adhesivos para evitar la generación de juntas frías en la conexión.

En base a lo anteriormente expuesto, en las construcciones existe la probabilidad de que las obras tengan que ser suspendidas por diversas variables, como lo pueden ser: la falta de recursos económicos, la cesión de la propiedad a un nuevo dueño, entre otros. Por estos motivos, pasado cierto tiempo, en caso de una ampliación o culminación de obra, al vaciar concreto, es necesario la unión monolítica del segmento, ya que es bien conocido a nivel de ingeniería civil la baja adherencia entre el concreto fresco y el ya fraguado, por esto se debe usar algún adhesivo como anclaje entre ambos concretos.

En el mismo orden de ideas, de no usarse un puente de adherencia entre el concreto fresco y un concreto ya fraguado, se producirían grietas y permeabilidad en las juntas, dando pie a filtraciones e imposibilitando una conexión homogénea. Esto último impide la transferencia de carga entre los elementos estructurales que se vaciaron en diferentes tiempos. Tal como afirma Harsem (2005), "es ampliamente conocido que, debido a dificultades en el método constructivo de estructuras de concreto, es posible que se presenten juntas frías que evidentemente afectan al desempeño estructural a partir de la disminución de las características esfuerzo deformación del sistema" (p. 54).

En general, los materiales de construcción son costosos, se necesita de una inversión monetaria que abarque los gastos que se requieran para todo el desarrollo de las edificaciones. Teniendo en cuenta que ocurren imprevistos durante cualquier momento de la construcción de la obra, es necesario desarrollar una solución económica y de calidad que permita el anclaje de concreto fresco con concreto ya fraguado, manteniendo una continuidad homogénea en todo el elemento constructivo y que sea capaz de trasmitir todos los esfuerzos.

En ese contexto, la baja adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado genera una junta fría en muchos casos donde se requiere continuidad en los elementos estructurales que están constituidos por concretos o similares a él, se han desarrollado materiales que cumplen la función de ser un puente de adherencia, permitiendo de esta manera que se desarrolle una adhesión segura, estable y factible entre estos dos elementos.

Cabe agregar, que en el mercado actual existen pegamentos ya elaborados, entre los cuales se pueden mencionar los productos de la

empresa Suiza SIKA, compañía especializada en productos químicos, líder en el desarrollo y producción de adhesivos para la construcción. Se encuentran productos como el Sikadur®-32 Primer, este posee un alto costo en el mercado por su efectividad y calidad a la hora de ser utilizado en obras de construcción.

En relación a lo anteriormente mencionado, los puentes adhesivos constituyen un elemento clave en la innovación tecnológica del área de la Ingeniería civil, aunque su alto costo los hace menos accesibles para obras de menor inversión, es por ello, que para resolver dicho inconveniente se estudiará la posibilidad de fabricar un material adhesivo de bajo costo, el cual sea capaz de adherir concreto fresco al concreto ya fraguado, manteniendo los estándares exigidos de la ASTM, "*Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh To Hardened Concrete*"; (Especificaciones estándares de agentes látex para unir concreto nuevo con concreto viejo) (ASTM C 1059), utilizando técnicas metodológicas de investigación experimental, de acuerdo a la recolección de datos para el desarrollo del proyecto.

Este proyecto es creado con el propósito de innovar y poder brindar una alternativa más económica a la expuesta con anterioridad, con el fin de desarrollar un adhesivo que genere soluciones que permitan la unión monolítica en la sección empleada de los edificios, infraestructuras e instalaciones.

De esta manera, se buscó fabricar un adhesivo que resista altas temperaturas, usando como ingredientes para su composición: cemento, acetato de polivinilo, *Redispersible Polymer Powder* (polvo polímero redispersible) (RDP) y agua, sujetos a cambio por el motivo de obtener el prototipo de mezcla óptima que sea idóneo para adherir concreto fresco con concreto ya fraguado.

En cuanto a la originalidad del proyecto, en Venezuela no se encuentran patentados adhesivos para unir concreto fresco con concreto ya fraguado, no obstante, Bonnet y Pérez (2023), desarrollaron un pegamento para anclajes de acero estructural en concreto fraguado utilizando materiales de bajo costo, en ese mismo contexto, el proyecto es importante para la comunidad universitaria y científica, dado que es el primer adhesivo que se fabrica en la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, por lo tanto, es un lineamiento a seguir para otros estudiantes en la creación de nuevos productos, al ser un tema de referencia para futuras investigaciones en el área de materiales de construcción.

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Fabricar un puente de adherencia para el anclaje de concreto fresco a concreto fraguado empleando materiales de bajo costo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los materiales más prometedores para la preparación de la mezcla del puente de adherencia.
- Establecer un prototipo de mezcla óptima, variando las proporciones en la elaboración del adhesivo para la unión de concreto fresco a concreto fraguado.
- Determinar mediante pruebas, el comportamiento del adhesivo con respecto a temperatura y ambientes húmedos, implementando la Norma ASTM C 1059.
- Distinguir otros usos del pegamento como puente de adherencia.
- Presentar un análisis de costo comparativo, sobre el adhesivo fabricado y los productos existentes en el mercado, utilizando el programa comercial LuloWin.

1.3 Generalidades

1.3.1 Ubicación

La investigación se llevó a cabo dentro del territorio venezolano en la ciudad de Cantaura, municipio Freites del Estado Anzoátegui, como se muestra en la figura 1. La fabricación del adhesivo para el estudio se realizará en la empresa Concretos ALEXCAR, C.A., así como los ensayos para el estudio de las propiedades del mismo, con el apoyo del Ingeniero Jesús Álvarez. En esta empresa, se cuenta con los implementos necesarios para llevar a cabo las diferentes pruebas, prestando la atención debida al cumplimiento de los parámetros establecidos en las normativas correspondientes.

Figura 1. Ubicación de la empresa Concretos decorativos Alexcar, C.A.
Fuente: Google Maps, 2024

1.3.2 Identificación de la empresa

La empresa “Concretos decorativos Alexcar, C.A.”, está dedicada a la fabricación de prefabricados en concreto como jardineras para ventanas, columnas, balaústros, bancos, machones, pináculo entre otros, destinados a satisfacer la demanda local, participando así de manera significativa en el desarrollo de la zona. Además, la empresa cuenta con las herramientas necesarias que permiten la fabricación del adhesivo de manera eficiente, así como de galpones que admiten el almacenaje adecuado de los materiales utilizados.

1.4 Justificación

En la actualidad unos de los principales problemas a nivel mundial y nacional es la paralización de las obras, que se viene dando por diversos problemas, como son los conflictos económicos, políticos y sociales, la mala administración, errores presupuestales, la cantidad de madera insuficiente para el encofrado, e inclusive factores ambientales. Esto provoca, que cuando se reanuda la construcción, se tenga que unir el concreto fresco con el fraguado; por esta razón, se hace imperativo el uso de pegamentos de nuevas tecnologías que permitan la continuidad en desarrollo de dichas obras.

Lo ideal es que toda estructura de concreto actuase en forma monolítica, es decir, que sea capaz de transmitir los esfuerzos en la estructura, por lo que, en el proceso de construcción se deben tomar precauciones para mantener continuidad en las faenas y seguir las indicaciones en los tratamientos para las juntas; puesto que, existe un alto porcentaje de construcciones en las cuales es necesaria la buena adherencia entre el concreto fresco y concreto fraguado para poder cumplir con los parámetros para el que ha sido diseñado.

Los puentes de adherencia tienen diversas aplicaciones en las construcciones, sean nuevas o continuaciones de las mismas, por lo cual, se usan adhesivos que están en el mercado. Actualmente hay empresas encargadas directamente de la fabricación de dichos pegamentos, tales como Sikadur®-32 Primer, siendo este capaz de cumplir con diferentes propiedades de adherencia y temperatura, entre otros.

Por consiguiente, surge la necesidad de tener un pegamento que promueva la unión entre las dos capas de concreto y sea económico, por lo que la idea está basada y proyectada en suministrar a los consumidores, habitualmente del ámbito de la construcción, un producto innovador que ofrezca soluciones versátiles, duraderas para unir y adherir diversos materiales de forma eficiente, además de tener fines múltiples, debe estar acondicionado a las normas proporcionadas y demostrar por medio de pruebas la evidencia de su funcionamiento y la sostenibilidad de ser un adhesivo de bajo costo.

El presente proyecto tiene como objetivo de estudio fabricar un puente de adherencia para el anclaje de concreto fresco a concreto ya fraguado empleando materiales de bajo costo, por lo que se pretende crear un adhesivo que al unir concreto fresco con concreto ya fraguado se obtenga una adherencia similar a la que se obtiene con un concreto normal u homogéneo, asimismo, reparar, remodelar, y reforzar estructuras, que por diferentes factores han sufrido daños, analizando y calculando las propiedades mecánicas de la resistencia a la comprensión.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

Para lograr los objetivos propuestos en este trabajo de grado, se consideró el respaldo de diversas investigaciones realizadas con anterioridad, en relación al tema en estudio, por lo tanto, se describirán algunos de los trabajos investigados con la mayor semejanza del presente estudio a desarrollar:

Bonett y Pérez (2023), realizaron una investigación que tuvo como objetivo fabricar un pegamento con materiales de bajo costo, para instalar anclajes de acero estructural en concreto fraguado. Metodológicamente, el estudio es de tipo experimental, nivel explicativo y descriptivo. Los resultados obtenidos permitieron comprobar que el pegamento fabricado cumple correctamente, que además de adherir anclajes en el concreto, es capaz de aplicar para otros usos. Este estudio se relacionó con la investigación porque permite describir desde lo teórico la percepción de la efectividad del pegamento, en referencia a su composición y modo de uso.

Por otro lado, Rojas (2021), realizó un trabajo de grado, con el objetivo de desarrollar un manual de adherencia entre concreto fresco a concreto fraguado, basado metodológicamente en un estudio documental fundamentado en conocimientos científicos, técnicos y legales que contiene un esbozo amplio de la información conceptual y técnica que establece el

manual y las normas para su elaboración. Los resultados obtenidos contienen información que establecen las normas específicas tenidas en cuenta en su elaboración. Lo cual, influyo como aporte para la investigación, ya que este aborda los temas relacionados con materiales de construcción, concreto, procesos constructivos y pruebas de laboratorio básicas, ensayo de resistencia a la comprensión y resistencia a la flexión.

De la misma forma, Chura (2019), realizó un trabajo de grado, con el objetivo de dar a conocer sobre la influencia de la aplicación del puente de adherencia en el comportamiento monolítico de los elementos estructurales. La metodología de la investigación comprende un diseño experimental, tipo aplicada, nivel explicativo y enfoque cuantitativo. Los resultados obtenidos demostraron que, tras la aplicación del puente de adherencia se logró recuperar el comportamiento monolítico de los elementos, ya que la falla no se produjo en la junta. Esta investigación se relacionó con el proyecto porque permite verificar la efectividad del uso de un puente de adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado.

2.2 Bases Teóricas Referenciales

2.2.1 Materiales de construcción

“Los materiales son componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una construcción, cabe destacar, que en dependencia de las propiedades de los materiales, los mismos pueden desempeñar distintas funciones en los elementos de la construcción donde se utilizan”. (Betancourt, 2017, p. 47). En concordancia con lo citado, al seleccionar el material adecuado para una determinada obra, se deben tener en cuenta factores, como la función de la estructura a construir, el lugar donde se va a utilizar, el

proceso 13 de construcción, la calidad, la disponibilidad, el costo y el conocimiento de las propiedades de los materiales, para el cumplimiento de las especificaciones técnicas vislumbradas en las normas de construcción actuales.

2.2.2 Adhesivos

"Se denominan pegamentos sintéticos los constituidos por polímeros, utilizados como unión entre dos materiales sólidos, presentan una fuerza de atracción que impide la desunión y permite el comportamiento monolítico de los materiales adheridos" (Adams, 2007, p. 33). Tal y como expone la definición anterior, los adhesivos son materiales compuestos por polímeros orgánicos que se encuentran en un estado líquido cuando se aplican y se transforman en un estado sólido tras su posterior curado o endurecimiento.

En ese contexto, los adhesivos son puentes de adherencia entre las superficies de los sustratos, tanto si son del mismo, como si son de distinto material. Siendo de vital importancia elegir el producto más adecuado para realizar uniones entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado, teniendo como referencia el estudio del área donde se requiera su aplicación.

2.2.2.1 Clasificación de los adhesivos

Los adhesivos están formados por una gran variedad de sustancias químicas cuidadosamente diseñadas, se pueden clasificar de varias formas: "en función de la fuente, composición química, reactivos y no reactivos, forma física, el modo de aplicación o según sus propiedades mecánicas" (Adams, 2007, p. 35). La clasificación más amplia posible es en función del origen de

fabricación de los materiales que forman el adhesivo, éstos pueden ser sintéticos o naturales:

- **Sintéticos:** Son los adhesivos de laboratorio desarrollados gracias a los avances científicos, se fabrican a partir de materiales sintéticos como polímeros.
- **Naturales:** Los adhesivos naturales se fabrican a partir de. recursos como los vegetales o animales, el almidón, las colas de caseína o el caucho natural.

En función de las características tecnológicas generales, los adhesivos se pueden dividir en tres grandes tipos o familias:

- **Termoestables:** Son materiales que una vez han sido curados, pueden debilitarse cuando se calientan a temperaturas suficientemente altas, pero no pueden ser refundidos o restaurados al estado fluido que existía antes del curado, porque una vez enfriados, al calentarse de nuevo se queman en lugar de fundirse, imposibilitando trabajarlos de nuevo. Los adhesivos termoestables pueden encontrarse como productos mono o bicomponente.
- **Termoplásticos:** Son originalmente polímeros sólidos que se ablandan o funden cuando se calientan. Su estructura molecular es lineal o ramificada. La exposición repetida a altas temperaturas requeridas para la fundición, causan una eventual degradación del material a través de la oxidación, y esto limita el número de ciclos de recalentamiento. Una vez fundido, el material puede aplicarse sobre los sustratos a unir, la adhesión se produce a medida que la masa fundida se solidifica durante el enfriamiento.

- **Elastómeros:** Compuestos por resinas poliméricas de gran tenacidad y elongación. Recuperan rápidamente su forma y dimensiones iniciales una vez retirada la carga. Tienen grandes características de absorción 15 de energía y ofrecen alta resistencia en diseños de uniones con carga no uniforme. Pueden suministrarse como soluciones solventes, dispersiones acuosas, cintas sensibles a la presión y cintas sin disolventes mono o bicocomponentes.

En función de sus propiedades mecánicas:

- **Rígidos.** Los adhesivos rígidos tienen poca o ninguna elasticidad, por lo que son incapaces de recuperar su forma y dimensiones iniciales una vez retirada la carga a la que han sido sometidos. Se caracterizan por presentar una elevada resistencia mecánica.
- **Flexibles.** Este tipo de adhesivos pueden deformarse y recuperar su forma original. Presentan una alta elongación sin llegar a romperse.
- **Tenaces.** Este tipo de adhesivos presentan propiedades mecánicas intermedias entre los adhesivos rígidos y flexibles.

En función de su uso:

- **Estructural:** Un adhesivo estructural es un agente adhesivo utilizado para transferir las cargas requeridas entre los adherentes de la estructura en cuestión. Su función principal es la de mantener la unión y ser capaces de resistir y transmitir grandes cargas sin deformación, dado que, si ocurre un fallo en esta unión puede comprometer la estructura de la pieza y su función. Las resinas epóxicas que se usan con este fin, deben cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM

C-881-99 y ASTM C-882. Este material no pegará en superficies húmedas. No obstante, pueden adherir a madera, cobre, acero, piedra, entre otros, al concreto o mortero.

- **No estructural:** Para pegar parches y capas sobrepuestas, los látex orgánicos tienen un buen registro de servicio. Estos materiales deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C-1059-99, Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh To Hardened Concrete; (Especificaciones estándares de agentes látex para unir concreto nuevo con concreto viejo). No requieren soportar cargas, sino simplemente sujetar las piezas a unir. Los adhesivos no estructurales se deforman bajo una carga moderada y a menudo se degradan por exposiciones ambientales a largo plazo. Se suelen utilizar para fijación temporal o a corto plazo.

En función del método de curado:

Curado por pérdida de disolvente o agua: Principalmente hay cuatro tipos de adhesivos que se endurecen mediante este mecanismo:

- **Adhesivos sensibles a la presión:** Son materiales viscoelásticos que, en su estado seco y a temperatura ambiente, se vuelven pegajosos cuando se aplica una pequeña presión.
- **Adhesivos de contacto:** El adhesivo se aplica en ambos sustratos. Cuando las piezas se ponen en contacto, la unión es instantánea. Disolvente y sustratos se acoplan bajo presión de modo que los recubrimientos adhesivos se unen.
- **Adhesivos con disolventes resinosos:** Se formulan con una resina termoplástica relativamente rígida y resistente. Una vez aplicado el

adhesivo, el disolvente se evapora en el aire de modo que la resina entrelaza los poros del sustrato.

- **Adhesivos reactivables:** El adhesivo se aplica al sustrato, y el disolvente se evapora. En esta etapa el sustrato puede ser almacenado o transportado con un revestimiento adhesivo seco.

Curado por reacción química: Este tipo de curado se puede producir mediante dos reacciones químicas primarias:

- **Por reacción de condensación:** Este grupo incluye las resinas fenólica y amino. Por lo general, es necesario también aplicar presión para superar los efectos perjudiciales de los subproductos volátiles.
- **Por polimerización de adición:** Dentro de este grupo se encuentran los poliésteres, epoxis, uretanos, cianoacrilatos, anaeróbicos y polímeros curables por radiación. La mayoría de elastómeros y acrílicos también están en esta categoría.

Curado por endurecimiento de la masa fundida: Los adhesivos también pueden endurecerse por enfriamiento desde un estado fundido. Los adhesivos termoplásticos son el ejemplo más común de este tipo de adhesivos. Los ejemplos de adhesivos que curan mediante este método incluyen el etileno, copolímero de acetato de vinilo, acetatos de polivinilo, polietileno, polipropileno amorfo, (estireno-butadieno caucho), poliamidas y poliéster.

De igual modo, los adhesivos también pueden ser clasificados “atendiendo al destino en que van a ser utilizados, su naturaleza física, su componente principal o ligante, que es el causante de la adhesión y cohesión del adhesivo”. (Oñoro, 2000, p. 27)

Tabla 1. Tipos y principales componentes de los adhesivos

Adhesivo (naturaleza física)	Ligante	Número de componentes (1)	Fraguado en caliente (h) Frio (c) (1)	Notas
Cola(2)	Almidón, Dextrina Éteres de celulosa Caseina Ésteres del ácido poliacrílico Alcohol polivinílico	1	c	Los disolventes volátiles (principalmente agua) se evaporan durante el fraguado.
	Glutina	1	h	
En pasta(2)	Almidón Éter de celulosa, derivados acrílicos	1	c	
Con disolvente y en dispersión (2)	Caucho natural, caucho sintético de baja polaridad, por ej.: caucho butadieno-estireno Copolimetros butadieno-acrilonitrilo Policlorobutadieno Poliuretano Acetato de polivinilo Copolímeros de acetato de vinilo Polivinil propional Ésteres del ácido poliacrílico Éter polivinílico Cloruro de polivinilo Copolímeros de cloruro de vinilo Copolímeros de cloruro de vinilideno Poliéster Poliestireno Éster del ácido estireno-acrílico	1, (2)	c,h	Los disolventes volátiles o los agentes de dispersión se evaporan ampliamente antes o durante el fraguado.
	Plastisoles de cloruro de polivinilo	1	h	Sin disolventes volátiles ni agentes de dispersión.
Termofusibles (2)	Caucho de butadieno-estireno Caucho de estireno-isopreno Acetato de vinil-etileno Acetato de vinilo/vinilléster Polamida, poliamidoaminas Poliéster	1		

Fuente: Bonnet y Pérez (2023)

Continuación Tabla 1. Tipos y principales componentes de los adhesivos

Adhesivo (naturaleza física)	Ligante	Número de componentes (1)	Fraguado en caliente (h) Frio (c)	Notas
Reacción (3)	Silicatos solubles	1, (2)	C, (h)	Los disolventes volátiles o el agua se evaporan junto con los productos de conversión formados durante el fraguado.
	Cemento hidráulico	1, (2)	c	
En pasta(2)	Resinas fenólicas, de melanina, de urea, de formaldehido, solubles en agua	2, (1)	h,c	
	Resina fenólica con polivinil acetales o con caucho nitrilo	1,2	h	Los productos de conversión volátiles se evaporan durante el fraguado.
	Poliamidas, polibenzimidazoles	2	h	
	Resinas de silicona, endurecimiento por humedad	1	c	
	Resinas de poliéster insaturado, Derivados vinílicos y acrílicos	2	c	Los componentes reactivos volátiles se incorporan al plano de pegado por vía química.
	Ácido dimetil acrílico/diolésteres, fraguado anaeróbico	1	c	Sin componentes volátiles.
	Ésteres del ácido ciano acrílico	1	c	
	Poliisocianatos, endurecimiento por humedad	1	c	
	Poliisocianatos/ polioles	2	c, (h)	
	Epoxi/poli (amido)aminas	2	c, (h)	
	Epoxi/ácido anhídrico	2	h	
	Resinas epoxi especiales	1	h	

Nota:

(1) Las soluciones alternativas se indican entre paréntesis.
(2) Fraguado físico o físico-químico.
(3) Fraguado químico.

Fuente: Bonnet y Pérez (2023)

2.2.3 Adhesión

Es la fuerza que mantiene unidos a dos materiales de igual o diferente naturaleza de forma física o química. La adhesión depende de la capacidad del adhesivo de penetrar en los poros de la sustancia y además de lo eficaz que sea su unión. “Las propiedades adhesivas de un adhesivo, en particular sus propiedades físicas y químicas, pueden maximizarse garantizando una buena humectabilidad del adherente por la composición de unión aplicada”. (Adams, 2007, p. 39)

2.2.3.1 Uniones adhesivas

“Es un método por el cual dos materiales se unen en un montaje, se puede realizar o utilizar de manera adicional a otros métodos tradicionales de fijación térmica o mecánica” (Madrid, 1980, p. 5). El objetivo principal de una unión adhesiva es conectar dos materiales y, a la vez, soportar las tensiones a las que van a estar sometidos estos materiales durante su uso. El mecanismo de unión depende de: La fuerza de unión del adhesivo al sustrato o adhesión y la fuerza interna del adhesivo o cohesión.

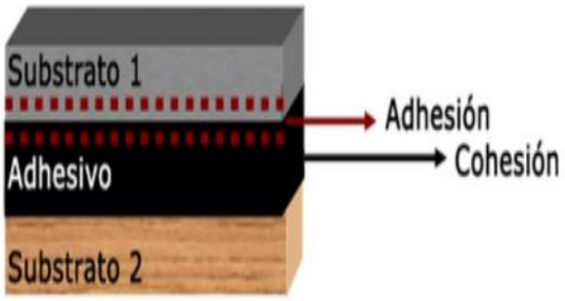


Figura 2. Esquema de una unión adhesiva
Fuente: Tecnología de la adhesión (Madrid, 1980)

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesivo, es decir, que la separación nunca se produzca en la interface sustrato adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad. Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos. Las uniones adhesivas presentan las siguientes ventajas con respecto a otros métodos de ensamblaje de materiales:

- Distribución uniforme de tensiones.
- Rigidización de las uniones.
- No se produce la distorsión del sustrato.
- Permiten la unión económica de los distintos materiales.
- Uniones selladas.
- Monolitismo de la estructura.
- Permite uniones combinadas con otros materiales como madera, mármol.

2.2.3.2 Cohesión

La cohesión se define como “la fuerza de atracción molecular entre las partículas de un determinado cuerpo, lo cual mantiene el material unificado. La cohesión se entiende como la mayor resistencia deseada en el vínculo adhesivo, indica la resistencia del adhesivo a fluir.” (Adams, 2007, p. 40). De acuerdo con este autor, la cohesión depende de la estructura interna de los materiales y finalmente de los enlaces de su estructura molecular. Una alta

cohesión significa que la adherencia es especialmente fuerte, resistente y estable en sí misma.

2.2.4 Puente de adherencia

Consiste en “el medio físico que permite unir una estructura de concreto fraguado con una de concreto fresco. Usando como material de unión una sustancia con características de adhesión, sellado e impermeabilización”. (Bresler, 2001, p. 3). El principio del producto consiste en darle continuidad al desarrollo de una obra en construcción, que no se puede hacer de una forma constante y con el uso del producto adhesivo se puede dar continuidad monolítica.

Este tipo de unión se basa en que la adhesión se debe a un anclaje del polímero (adhesivo) en los poros y rugosidades superficiales del concreto. La penetración del adhesivo en la orografía superficial del concreto provoca que la zona de contacto real, entre los dos materiales, sea varias centenas de veces superior a la correspondiente a la superficie aparente de contacto. Por tanto, rugosidad y porosidad son factores favorables a la adhesión. Es preciso asegurar una buena humectabilidad del concreto por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva.

En ese contexto, una gran ventaja es que ofrece una muy alta resistencia a corte, tracción y compresión, debido a la fuerza cohesiva que causa el adhesivo, se puede mencionar una resistencia a temperaturas de 180º C hasta 250º C en algunas formulaciones. Este tipo de sistema adhiere la mayoría de los sustratos (concretos) expuestos entre sí formando un solo elemento, por su misma consistencia se puede decir que posee una gran capacidad de

relleno esto es beneficioso al momento de aplicarlo, estos adhesivos son muy rígidos, poseen una gran resistencia a pelado y a impacto en formulaciones flexibles.

2.2.5 Reacciones químicas

"Las reacciones químicas son procesos termodinámicos que transforman una materia" (Huamán, 2015, p. 14). En este proceso, dos o más sustancias químicas, también llamadas reactivos, cambian su estructura molecular y enlaces químicos para consumir o liberar energía. De esta manera, consiguen generar nuevas estructuras químicas distintas a las iniciales.

- **Reacción irreversible:** Reacción química que se verifica en un solo sentido, es decir, se prolonga hasta agotar por completo una o varias de las sustancias reaccionantes y por tanto la reacción inversa no ocurre de manera espontánea. En estas reacciones la variación de entropía ocurre de tal manera que la entropía final es diferente a la inicial, por tanto, no se puede volver al estado inicial de entropía.

- **Reacción reversible:** Es aquella en la que los reactivos no se transforman totalmente en productos, ya que éstos vuelven a formar los reactivos, dando lugar a un proceso de doble sentido que desemboca en equilibrio químico, en el que las velocidades de reacción directa e inversa son iguales y las concentraciones de las sustancias que intervienen permanecen constantes.

Las reacciones químicas juegan un papel importante en la producción de materiales de construcción como el cemento, el hormigón y los adhesivos. En

los adhesivos usados en la construcción, se utilizan reacciones químicas para generar una unión fuerte y duradera entre dos materiales. Por ejemplo, los adhesivos se componen de dos componentes que al mezclarse generan una reacción química que permite la formación de enlaces fuertes entre las dos superficies a unir. La unión química se produce cuando los adhesivos se unen a superficies a nivel molecular.

2.2.6 Tiempo de aplicación de la mezcla

Según la Norma ASTM C 1059, el tiempo de aplicación de la mezcla “es el intervalo máximo de tiempo durante el cual puede utilizarse el adhesivo desde el final de la operación de mezcla de los componentes sólidos y líquidos”. Es un parámetro esencial que se debe respetar para asegurar la adherencia, el cual varía según el tipo de adhesivo, desde 1 a 3 horas hasta unas decenas de minutos. Entre los procesos que pueden llegar a alcanzar los adhesivos, se pueden mencionar:

- **Gelificación:** “Formación de un gel a partir de un sistema con polímeros, donde los polímeros ramificados pueden formar enlaces entre las cadenas, lo que conduce a polímeros progresivamente más grandes” (Velásquez y Zakhia, 2021, p. 26). Ese punto de la reacción se define como punto de gelificación, el sistema pierde fluidez y la viscosidad se vuelve muy grande. Los polímeros ramificados conducen a la formación de polímeros más grandes y a la pérdida de fluidez del sistema, por lo cual este adquiere una viscosidad alta. La gelificación puede ser influenciada por factores como: la concentración de polímero, condiciones de temperatura y la presencia de otros componentes en el sistema.

- **Curado:** Se caracteriza por disminuir la amortiguación y aumentar la rigidez, es el proceso que sigue a la gelificación, que transforma el material de una masa pegajosa y muy viscosa en un sólido rígido. Es un proceso durante el cual tiene lugar una reacción química (como la polimerización) o una acción física (como la evaporación), lo que resulta en un enlace más duro, más resistente o más estable (como un enlace adhesivo) o sustancia (como el concreto). (Velásquez y Zakhia, 2021, p. 26)

2.2.7 Mezclas

"Es un material que se forma por la unión de dos o más componentes los cuales no se ven alterados en sus propiedades químicas" (Porrero y otros, 2009, p. 35). Algunas mezclas pueden ser reactivas, es decir, que sus componentes dependiendo de ciertos condicionantes ambientales, pueden reaccionar entre sí. Los componentes de las mezclas pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y se pueden clasificar en dos grandes grupos, los cuales se describen a continuación:

- **Mezclas homogéneas:** Son aquellos tipos de mezclas donde sus componentes no se pueden ser diferenciados a simple vista, se conocen como soluciones y están constituidas por dos componentes, soluto, el cual es la sustancia que se encuentra en menor proporción en la mezcla y solvente, sustancia predominante en la solución.
- **Mezclas heterogéneas:** Poseen una composición no uniforme de sustancias donde se pueden distinguir fácilmente sus componentes, se conforma de dos o más sustancias físicamente distintas y distribuidas en forma desigual. Las partes que componen este tipo de mezclas

pueden ser separadas fácilmente. Se diferencian dos tipos de mezclas heterogéneas:

- **Mezclas gruesas:** Donde el tamaño de las partículas presentes en la sustancia es apreciable, como, por ejemplo: el cemento, el agua con arena, entre otras.
- **Suspensiones:** En este tipo de mezclas, las partículas presentes se depositan con el tiempo, como, por ejemplo: medicamentos, aceite con agua, agua con talco, aguas residuales con materiales suspendidos, entre otros.

2.2.7.1 Diseño de mezclas

> Es el procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto, para obtener de ese material el comportamiento deseado tanto en estado fresco como en estado endurecido. (Porrero y otros, 2009, p. 35)

Mediante este proceso se determinan las proporciones de agua, cemento, agregados, aditivos e incluso el aire que estará contenido dentro de la mezcla. Además, el diseño permite realizar análisis teóricos acerca de la influencia que el tipo de materiales y las cantidades de los mismos puedan tener sobre el concreto. Por lo general, el diseño se realiza para un metro cúbico de mezcla, por lo que las proporciones suelen expresarse en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

En la actualidad, existe un gran número de métodos para el diseño de mezclas de concreto y pueden llegar a tener entre sí amplias diferencias en los resultados, ya que cada uno maneja diferentes variables de manera distinta. Un buen método para el diseño de mezclas es aquel que es lo más

preciso y exacto posible, sin dejar de ser de fácil manipulación de sus variables y elaboración de cálculos. Es importante señalar, que ningún método de diseño resulta perfecto, debido a que son numerosas las variables que intervienen en él y por lo general se basan en fórmulas empíricas producto de cuantiosos ensayos de laboratorio.

2.2.8 Concreto

Es un material pétreo, durable y resistente; dado que se trabaja en su forma líquida, puede adquirir prácticamente cualquier forma. Esta combinación de características, es la razón principal por la que es un material tan popular, empleado para todo tipo de construcciones. Por lo tanto, el concreto es una mezcla diseñada a base de cemento, agua y agregados, empleándose en algunos casos adhesivos y aditivos. En tal sentido, el concreto es un “material constituido en dos partes: una es un producto pastoso y moldeable que endurece con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en el producto pastoso” (Porrero y otros, 2009, p. 39).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la calidad del concreto va a depender de la calidad de sus componentes, de su diseño de mezcla y su posterior manejo, de los cuidados de uso y mantenimiento. Se puede decir, que el concreto es un material de la naturaleza de la piedra, que posee resistencia, dureza y durabilidad. De este modo, la forma de realizar las mezclas depende de una serie de factores asociados al lugar de trabajo, disponibilidad de herramientas y dimensión de la obra, entre otras. El concreto puede ser mezclado manualmente con el uso de herramientas necesarias, y de forma mecánica utilizando mezcladoras, que no son más que rotores que de forma equivalente agitan los materiales hasta formar una masa homogénea.

2.2.8.1 Propiedades generales del concreto

El concreto presenta dos estados fundamentales desde el punto de vista práctico: El estado fresco, en el que admite ser manipulado para su adaptación a los encofrados previstos y el estado endurecido en el que ha adquirido una rigidez tal que impide su manipulación sin producir fracturas visibles o no irreversibles. Estos estados son sinónimos de la fase de colocación en obra y de uso.

Con referencia a lo anterior, el concreto fresco, es el producto inmediato del amasado de sus componentes. Desde el primer momento se producen en su masa reacciones químicas que condicionan sus características finales como material fraguado. En tal sentido, el concreto fresco, “es una masa heterogénea de fases sólidas, líquidas y gaseosas que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado” (Neville, 1999, p. 52). Se habla de esta característica del concreto desde el momento en que todos los componentes son mezclados hasta que se inicia el fraguado de la masa, es decir, el período plástico.

En base a lo anteriormente expuesto, el comportamiento que presenta el concreto en estado fresco puede anticipar a las propiedades que desarrolla el concreto al endurecer; si la conducta del concreto resulta atípica durante este estado, es posible que la calidad del mismo al endurecer sea afectada de manera desfavorable. Es importante resaltar, que el comportamiento del concreto fresco va a depender de muchos factores, entre los más importantes destacan: el diseño de mezcla, mezclado y medio ambiente.

El carácter de concreto endurecido, lo adquiere el concreto a partir del final de fraguado. El concreto endurecido se compone del árido, la pasta de

cemento endurecido (que incluye el agua que ha reaccionado con los compuestos del cemento) y las red de poros abiertos o cerrados, resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido natural o provocado por un aditivo (Neville, 1999, p. 53). Las propiedades generales del concreto fresco y endurecido son:

- **Trabajabilidad.** Facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado. El concreto debe ser trabajable pero no se debe permitir que se segregue excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado, producto del asentamiento de los materiales sólidos (cemento, arena y piedra) dentro de la masa. Este asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad. El sangrado excesivo produce un aumento en la relación agua/cemento cerca de la superficie superior, pudiendo provocarse como resultado una capa superior débil de baja durabilidad, especialmente si se llevan a cabo las actividades de acabado mientras está presente el agua de sangrado.

- **Resistencia**. Los principales factores que afectan la resistencia, son la relación agua/cemento y la edad, o el grado al que haya progresado la hidratación.

2.2.8.2 Agregados

Un agregado “es cualquier material duro e inerte formado por fragmentos clasificados en una amplia gama de tamaños, que se mezclan con un material cementante para formar concreto o un material similar” (Neville, 1999, p. 47).

Los agregados se separan en dos grupos: finos y gruesos, ambos son utilizados en la mezcla y cada uno posee características propias del material.

Los agregados finos o arena, son las partículas más finas del conjunto; la arena de uso más frecuente está formada por granos naturales depositados por las aguas, por otra parte las llamadas arenas de minas provienen de yacimientos que pueden encontrarse hoy en día lejos de cursos de agua. Los agregados gruesos, provienen de trozos de roca trituradas a los tamaños convenientes o de granos naturales redondeados por el arrastre de las aguas, estos poseen diferentes nombres que los separan normalmente por tamaño como piedra picada, canto rodado, grava, gravilla. Se debe destacar que el agregado tiene otras propiedades diferentes de las de la roca original: forma y tamaño de la partícula, textura de superficie y absorción; las cuales les puede influir considerablemente en la calidad del concreto fresco y fraguado.

La calidad de los agregados es un factor fundamental a la hora de requerir un concreto con características especiales, se deben realizar los ensayos pertinentes a desgaste del agregado, cociente de forma y granulometría; de acuerdo a los resultados es de suma importancia respetar los límites establecidos en norma para la utilización de estos agregados en la mezcla de concreto.

Se puede clasificar la obtención de estos agregados como: “agregados controlados, agregados conocidos con control insuficiente y agregados no empleados con anterioridad”, (Porrero y otros, 2009, p. 39). Los agregados controlados poseen garantía de su calidad, los agregados conocidos provienen de lugares sobre los que hay experiencia y su calidad ya ha sido probada en la elaboración de concretos y los agregados no empleados con anterioridad son aquellos que anteriormente no han sido utilizados y se deben

realizar los ensayos y pruebas necesarias para determinar las propiedades y así las posibilidades de ser empleados en la mezcla de concreto.

2.2.9 Cemento

El cemento Portland es el producto obtenido de la pulverización de un clinker que consiste, esencialmente, en silicatos hidráulicos de calcio obtenido por un calentamiento a fusión parcial de una mezcla homogénea de materiales que contienen principalmente: Cal (CaO), Sílice (S_iO_2), con una pequeña porción de Alúmina ($Al_2\ O_3$) y Oxígeno férrico (Fe_2O_3). Este producto tiene la propiedad de endurecer al mezclarse con el agua, formando una pasta cementante.

En este propósito, el cemento es “el componente activo del concreto e influye en todas las características de este material, especialmente en la ganancia de resistencia tanto a tracción como a compresión; sin embargo, constituye solo el 15 % del peso total del concreto” (Guzmán, 2001, p. 25). Cuando el cemento es mezclado con los demás componentes del concreto, y entra en contacto con el agua, se produce una reacción química llamada hidratación. Este fenómeno conlleva al proceso de fraguado. En términos simples, durante el fraguado las partículas pétreas quedan envueltas por un gel, el cual va en aumento con el transcurrir del tiempo, esto origina que el resto de materiales se fusionen para formar una masa pastosa única, conocida como concreto.

En esta misma forma, “los índices principales que se usan para determinar directamente la calidad del cemento, son: fraguado, finura y resistencia mecánica” (Porrero y otros, 2009, p. 39). Hay además otros índices

directos a los que usualmente se les pone menos atención considerándolas parámetros más o menos estables.

2.2.9.1 Tipos de cemento

A medida que varían los contenidos de Silicato dicálcico, se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto, se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales. Al respecto, según la norma venezolana COVENIN 28/2003: Cemento Portland, Especificaciones, y la "*Standard Specification for Portland Cement"* (Especificación normalizada para cemento portland) (ASTM C150) se consideran cinco tipos de cemento Portland:

- **Tipo I:** Es un cemento normal, producto de la unión de clinker más yeso. Se usa generalmente en las obras de ingeniería donde no se requiera características especiales, posee propiedades específicas de fraguado, resistencia a la compresión y color, entre otras. Alcanza el 100% de su resistencia relativa en un período de 1 a 28 días.

- **Tipo II:** Es un cemento modificado para uso general. Se utiliza en ambientes bajo la presencia de sulfatos y se emplea también cuando se requiere de un calor moderado de hidratación. Este cemento adquiere resistencia en un tiempo de 28 días similar al del tipo I. Se utiliza en alcantarillados, tubos, zonas industriales y alcanza del 75% al 100% de su resistencia.

- **Tipo III:** Posee alta resistencia inicial, el concreto hecho con este cemento desarrolla una resistencia en 3 días, igual a la desarrollada en

28 días para concretos realizados con cementos tipos I y II; cabe destacar, que el cemento tipo III aumenta la resistencia inicial por encima de lo usual, luego se va normalizando hasta alcanzar su resistencia normal, por lo que su resistencia es del 90% al 100%, a los 28 días.

- **Tipo IV:** Es un cemento de bajo calor de hidratación que se ha perfeccionado para utilizarse en concretos masivos. El bajo calor de hidratación se logra limitando los compuestos que más influyen en la formación de calor por hidratación, estos compuestos producen una mezcla que gana resistencia con lentitud. Es utilizado en grandes obras, moles de concreto, presas o túneles. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es de 55% a 75%.

- **Tipo V:** Es un cemento con alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Se utiliza usualmente en las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar, es decir, la resistencia al sulfato de este cemento se logra minimizando el contenido de los compuestos, que influyen en la formación de calor por hidratación, siendo la resistencia relativa de 1 a 28 días es de 55% a 75%.

2.2.10 Resistencia a la compresión

> Es la carga aplicada en la sección perpendicular de un espécimen de concreto o de mortero aplicando carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (N/mm2) y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi), a una edad máxima de 28 días (Rivva, 2000, p. 19).

La resistencia del concreto a compresión es una propiedad mecánica frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de cualquier tipo de estructuras. Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación: agua, cemento, la edad, fraguado y curado de hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

El concreto de uso generalizado tiene capacidad a la compresión entre 20.58 N/mm2 y 34.50 N/mm2, un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de 41.16 N/mm2, resistencias de hasta 137.2 N/mm2 se ha llegado a utilizar en aplicaciones de construcción. La relación existente entre las resistencias a compresión, flexión, tensión, torsión, y corte, de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre.

En ese marco, el módulo de elasticidad, se puede definir como la relación del esfuerzo normal, la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión debajo del límite de proporcionalidad de un material. Para concretos de peso normal, el módulo de elasticidad se encuentra entre 13778.80 N/mm2 y 41356 N/mm2. La compresión de mortero se realiza sobre cubos de 50 mm por lado, en tanto que los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, de hecho la norma no establece un mínimo ni un máximo es clara en especificar que la altura debe ser dos veces el diámetro por esbeltez.

Por ello, se hace necesario, el ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, este ensayo se realiza sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, por lo cual, es indispensable que los

procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayos de los mismos sean estándares para evitar incluir otra variable más a los resultados de resistencia a la compresión.

En ese contexto, para Rivva (op cit), los aspectos más importantes a tener en cuenta durante los procesos de elaboración, curado y ensayo de los especímenes, son los siguientes:

- Se debe garantizar que los moldes para la elaboración de los cilindros produzcan especímenes con las dimensiones establecidas en la norma.
- Antes de colocar el concreto en los moldes, estos se deben impregnar en su interior con un material que evite que el concreto se adhiera a la superficie del molde.
- Los cilindros se deben confeccionar en tres capas iguales, apisonando cada capa de acuerdo con los requerimientos de la norma.
- Los cilindros recién elaborados deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración, para ser desencofrados a las 24 horas +/- 8 horas.
- Una vez desencofrados, los cilindros se deben curar a una temperatura de 23oC+/-2oC y a una humedad relativa >95%, hasta el día del ensayo.
- Las tapas del cilindro se deben refrendar para garantizar que la superficie del cilindro sea totalmente plana, de lo contrario se pueden presentar concentraciones de esfuerzos que disminuyen la resistencia del cilindro.
- La carga se debe aplicar a una velocidad que se encuentre dentro del intervalo de 0.14 Mpa/s a 0.34 Mpa/s y la velocidad escogida se debe

mantener al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

2.2.11 Testigo de concreto

La probeta de concreto se hará de acuerdo a las especificaciones de la norma, "*Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete"*, (Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas de adhesivos usados con concreto) (ASTM C-882). Este método cubre la determinación de la fuerza en la unión del concreto de cemento Portland del uso de los sistemas de la vinculación de la de base de adhesivos, que une el concreto nuevo al concreto endurecido.

Esta prueba permitirá evaluar de qué forma es posible unir los dos tipos de concreto para que estos conserven sus características mecánicas. Esta norma es la que proporciona las especificaciones de cómo hacer la prueba y elaborar la probeta. Luego de tener la probeta se aplica el adhesivo en la superficie inclinada, depositando el concreto nuevo para completar un cilindro que cumpla con las condiciones de esbeltez, para luego ser ensayado a compresión y corroborar el tipo de falla que se presente de acuerdo a la adherencia.

2.2.12 Adherencia entre concretos

Generalmente, se emplean pegamentos para unir concreto fresco al concreto ya fraguado, dada la baja adherencia existente en la unión de ambos concretos colocados en diferentes tiempos. Estos se emplean como puentes de adherencia, ya que desarrollan la adhesión al alcanzar resistencias

cortantes mayores que las del concreto, además de ser resistentes a la mayor parte de los químicos.

En tal sentido, para alcanzar resultados más efectivos, los agentes adhesivos deben aplicarse en capas no más gruesas de 5 mm. Ciertos Látex, disponibles como emulsiones o dispersiones, mejoran la adherencia y tienen buena resistencia al agrietamiento, entre los más usados están: Acetatos de polivinilo, butadieno estireno y acrílicos, entre otros.

No obstante, el adhesivo desarrollado con el material base: acetato de polivinilo no cuenta con una norma específica para su uso, por lo cual, se empleó como referencia la norma "*Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh To Hardened Concrete*"; (Especificaciones estándares de agentes látex para unir concreto nuevo con concreto viejo) (ASTM C 1059). Al ser esta la más cercana al componente acetato de polivinilo. Estos agentes látex pueden usarse ya sea como una capa adherente o agregado al concreto o mortero durante el mezclado.

2.2.13 Materiales empleados en los ensayos para la fabricación del adhesivo

Para la fabricación del adhesivo se investigaron diferentes materiales para evaluar su comportamiento al ser mezclados, para así encontrar la mezcla óptima a seleccionar, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- **Cemento.** Está compuesto básicamente de aluminatos, silicatos, y ferro aluminatos de calcio, obtenido por medio del aumento de temperatura de sus elementos hasta que se alcance una mezcla homogénea. 38

(Guzmán, 2001, p. 25). Posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia volviéndose más rígida.

- **Alcohol Polivinílico.** Es un polímero sintético soluble en agua, de fórmula química general $(C_2H_4O)_x$. El monómero, existe casi exclusivamente en la forma tautoméricas, el acetaldehído, se prepara por alcohólisis parcial o total de acetato de polivinilo para eliminar los grupos acetato (Vincent y otros, 2006, p. 3). El alcohol polivinílico tiene excelentes propiedades para formar películas, como emulsionante y como adhesivo, es resistente al aceite, grasas, disolventes, inodoro y no tóxico. Es un material flexible, muy soluble en agua y sus propiedades son afectadas por el grado de hidratación.

- **Cellulose.** Es un polvo de color blanco o gris claro, es inoloro y tiene las funciones como adhesividad, entre otros. Se obtiene por vías naturales o artificiales, forma parte de las materias primas más procesadas, en la fabricación de papeles, cartones, maderas artificiales, celuloides, entre otros Se puede utilizar para plásticos de resina sintética, materiales de revestimiento, sustitutos de goma, tinta, materiales aislantes.

- **Acetato de polivinilo.** Es un polímero sintético gomoso con fórmula abreviada $(C_4H_6O_2)_n$, pertenece a la familia de los polímeros poliviníl éster más fácilmente obtenible y de más amplio uso, con fórmula general $(RCOOCHCH_2)$, (Vincent y otros, 2006, p. 2). Es un tipo de termoplástico ampliamente usado como adhesivo. Se usa para fabricar

emulsiones, principalmente para producir adhesivos utilizados por las industrias del embalaje y la construcción.

- **Redispersables (Redispersible Polymer Powder).** Es un copolímero de etileno y acetato de vinilo, que utiliza alcohol polivinílico como coloide protector, su propósito es ser mortero de unión adhesivo y aislante térmico, por lo cual, tiene un excelente rendimiento a prueba de agua, aumenta la elasticidad, mejorando así la resistencia al impacto del mortero, y reduce la absorción de agua. (Vincent y otros, 2006, p. 2). El nombre de redispersable se obtiene de la dispersión de las partículas poliméricas al entrar en contacto con agua. Cuando se endurecen, van formando puentes poliméricos elásticos entre componentes minerales débiles del mortero, logrando una mejora significativa en la adherencia a una gran variedad de soportes, incluso en superficies en las que no podría lograrse con otros polímeros.

- **Agua.** El agua es el solvente universal, dado que la gran mayoría de las sustancias se pueden disolver en ella. Fue utilizada como diluyente para la mezcla en conjunto con el alcohol polivinílico, para disminuir la concentración y hacerlo más fluido.

2.3 Definición de términos básicos

ASTM. Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los Materiales, (American Society for Testing Material). Es una de las organizaciones internacionales de estándares más grande del mundo. Dichos estándares abarcan áreas como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo,

construcción, energía, medio ambiente, productos de consumo, servicios médicos, dispositivos y productos electrónicos, entre otros.

Acetato de vinilo. “Es un compuesto orgánico, concretamente un éster. Incoloro, parcialmente soluble en agua, inflamable, altamente exotérmico, es decir que, tiene una liberación rápida de calor. Se polimeriza cuando se expone a la luz”. (Roscher, 2007, p. 85)

Emulsiones. “Consisten en la dispersión de un líquido en otro, ambos en diferentes fases líquidas, forman lo que ordinariamente se conoce como un coloide”. (Román, 2005, p. 42).

Monómero. “Es una molécula de bajo peso molecular que tiene la capacidad de unirse químicamente con otras moléculas similares para formar una molécula de gran peso molecular”. (Barluenga, 2013, p. 15).

Polímeros. “Son sustancias macromoleculares, formadas por asociación de gran cantidad de moléculas sencillas, siendo su característica esencial su elevado peso molecular”. (Barluenga, 2013, p. 17).

Tiempo de fraguado. Es un periodo en el cual mediante reacciones químicas del cemento y el agua generando calor y dando origen a nuevos compuestos, estos, en la pasta de cemento que forman, hace que este endurezca y aglutine al agregado de la mezcla de concreto y se ponga fuerte y denso, adquiriendo de este modo una cierta resistencia. (Gabalec, 2008, p. 23)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, este definirá el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el desarrollo de la investigación. Arias (2012) expone que “la metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo la indagación, es el cómo se realizará el estudio para responder al problema”.

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, que según Arias (op. cit.), refiere que es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). De acuerdo con este autor, la investigación experimental es netamente explicativa, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente (efectividad del pegamento), fueron causados por la variable independiente (pegamento fabricado).

Es decir, se pretendió establecer con precisión una relación causa-efecto a través de la fabricación de un puente de adherencia para la adhesión del concreto fresco al concreto ya fraguado, por lo cual, se realizó una serie de experimentos y pruebas que permitieron desarrollar una muestra de mezcla con propiedades óptimas en cuanto a su función, y en las cuales se emplearon

materiales de bajo costo con el fin de producir un adhesivo más eficiente y económico que los exhibidos en el mercado, verificando que cumpla con las condiciones de temperatura y humedad que afectaran tanto al adhesivo como a la superficie en la cual se aplica.

3.2 Nivel de investigación

El diseño de la investigación fue explicativa, la cual según Hernández (2006) “tiene su interés en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este”. (p. 78). De acuerdo con este autor, se pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian y caracterizarlos por una relación causal, donde no solo se persigue describir o acercarse al problema, sino que se intenta encontrar las causas del mismo.

En ese contexto, la investigación se consideró explicativa, porque lleva a cabo un análisis sobre la fabricación de un puente de adherencia para la adhesión de concreto fresco a concreto ya fraguado, lo que permitió obtener información para realizar una investigación más completa desde una perspectiva innovadora.

3.3 Técnicas de investigación

3.3.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias (op. cit), refiere que “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas de obtener información” (p. 67). En tal sentido, esta permitió la recolección y transmisión de los datos que complementaron el trabajo a realizar para la indagación del mismo. A este respecto, para la

presente investigación experimental se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

3.3.2 Revisión documental

Es definida por Tamayo (2007), como “el proceso mediante el cual un investigador recopila, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema en particular, con el propósito de llegar al conocimiento más profundo del mismo”. En este trabajo de investigación, las fuentes primarias provienen de los resultados de los experimentos realizados y las fuentes secundarias incluyen tesis, libros y blogs sobre el tema.

3.3.3 Observación directa

La observación directa según Tamayo (op. cit), “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”. En el caso de esta investigación, se observó la evolución de los experimentos realizados en la fabricación del puente de adherencia, es decir, mediante esta técnica se identificaron los materiales más efectivos para el adhesivo, así como las proporciones adecuadas, además de la evaluación del comportamiento del mismo al comprobar la mezcla optima seleccionada y verificar sus otros usos en diversos materiales.

3.3.4 Guía de observación

“Es un instrumento que permite registrar los datos con un orden cronológico, practico y concreto, para derivar de ellos el análisis de una situación o problema determinado” (Arias, op cit, p. 23). Se procedió a escribir los datos específicos de las dosificaciones de mezclas obtenidas para la

fabricación del adhesivo, así como se detalló las reacciones formadas de cada una de ellas, por medio de las pruebas ensayadas.

3.4 Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos “es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (Arias, op cit, p. 25). De este modo, el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados. Los instrumentos utilizados en la investigación fueron:

3.4.1 Libreta de anotaciones

Facilitó el registro de las observaciones en las fases experimentales para elaborar el adhesivo para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, donde quedo contemplado los porcentajes de las mezclas, sus reacciones en cuanto a humedad y temperatura. Asimismo, las características de las diferentes proporciones para las mezclas desarrolladas, al igual que las fechas de los ensayos realizados y los resultados obtenidos.

3.4.2 Fotos y videos

Permitieron mantener un seguimiento de los procesos realizados para la fabricación del adhesivo para unir concreto fresco a concreto ya fraguado. Contemplo los ensayos realizados para comprobar la adherencia del pegamento, así como los resultados de los mismos, siendo esta documentación prueba fotográfica de la presente investigación.

3.4.3 Guía de encuesta

Mediante esta guía se llevó a cabo un control de la información obtenida en los diferentes comercios estudiados, esta fue dada por el personal de atención al cliente de las empresas visitadas, lo cual permitió describir las características de los adhesivos, sus respectivos costos y el uso del mismo dentro de las especificaciones dadas por los fabricantes de los adhesivos buscados como referencia en el mercado.

3.4.4 Cuadro comparativo

Ayudo a modelar la información sobre los adhesivos disponibles en el mercado, teniendo en cuenta el beneficio, rendimiento y costo de cada uno para su respectiva comparación con el producto fabricado.

3.5 Herramientas

3.5.1 Computador PC

Para la redacción digital y búsqueda bibliográfica se utilizó un computador marca VIT, que permitió compilar toda la información recabada en un archivo “*Microsoft Word”.*

3.5.2 Memoria USB (pendrive)

Se utilizó como respaldo de la información recopilada durante el desarrollo de la investigación experimental, tales como fotos y videos, así como para el resguardo de libros, normas y proyectos recopilados relacionados con el tema.

3.5.3 Programas

- **Microsoft Word:** Se usó para la transcripción de la investigación, logrando guardar y corregir la información recolectada.
- **LuloWin:** se utilizó para la elaboración y análisis del presupuesto del adhesivo, así como sus respectivas partidas para encontrar el valor de fábrica del producto a desarrollar, y a los ya existentes en el mercado.

3.5.4 Herramientas de oficina

Permitieron llevar un control en el cuaderno de campo, de los resultados obtenidos en cada ensayo, donde se resaltaron las anotaciones más importantes de la presente investigación, contando con lápiz, bolígrafos, borrador, resaltador, entre otros.

3.5.5 Teléfono inteligente

Se empleó un teléfono inteligente, marca Redmi Note 10 S, para documentar todo el proceso de elaboración del adhesivo y ensayos, entre otras documentaciones fotográficas.

3.6 Técnicas de análisis y procesamiento de datos

3.6.1 Análisis cualitativo

Según Arias (op cit), el análisis cualitativo “se refiere al que procedemos a hacer con la información de tipo verbal que, de un modo general se ha recogido.” (p. 34). A fin de desarrollar el estudio, se utilizó este tipo de análisis

para el tratamiento de la información obtenida por medio de las encuestas orales realizadas a los empleados de las instalaciones de FEYMACA.

3.6.2 Análisis cuantitativo

Según Arias (op cit), “este tipo de operación se efectúa, naturalmente, con toda la información numérica resultante de la investigación.” (p. 34). Es decir, los resultados obtenidos en los ensayos y los arrojados por el Software Lulowin, se presentaron con conjunto de cuadros y gráficas donde se calcularon los porcentajes con su debido análisis matemático.

3.7 Flujograma de la metodología y su descripción

Según Gómez (2013, p. 74), el flujograma expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, además de representar de forma pictórica un proceso administrativo, por lo que sirven para comunicar desde los procesos más sencillos hasta los más complejos, ya que son increíblemente dinámicos y versátiles. El flujograma utilizado muestra una secuencia ordenada de las operaciones presentándolas con la información necesaria.

Dado el tipo de investigación, se desarrolló la estrategia a seguir, identificando y describiendo el problema y sus características, así como los métodos a planificar y desarrollar, que permitieron desarrollar de manera efectiva los objetivos formulados. Además, el diagrama de la metodología usada comprendió trabajo de oficina y de campo con respecto a las actividades realizadas para la culminación del trabajo de grado, tal como se observa en la figura 3.

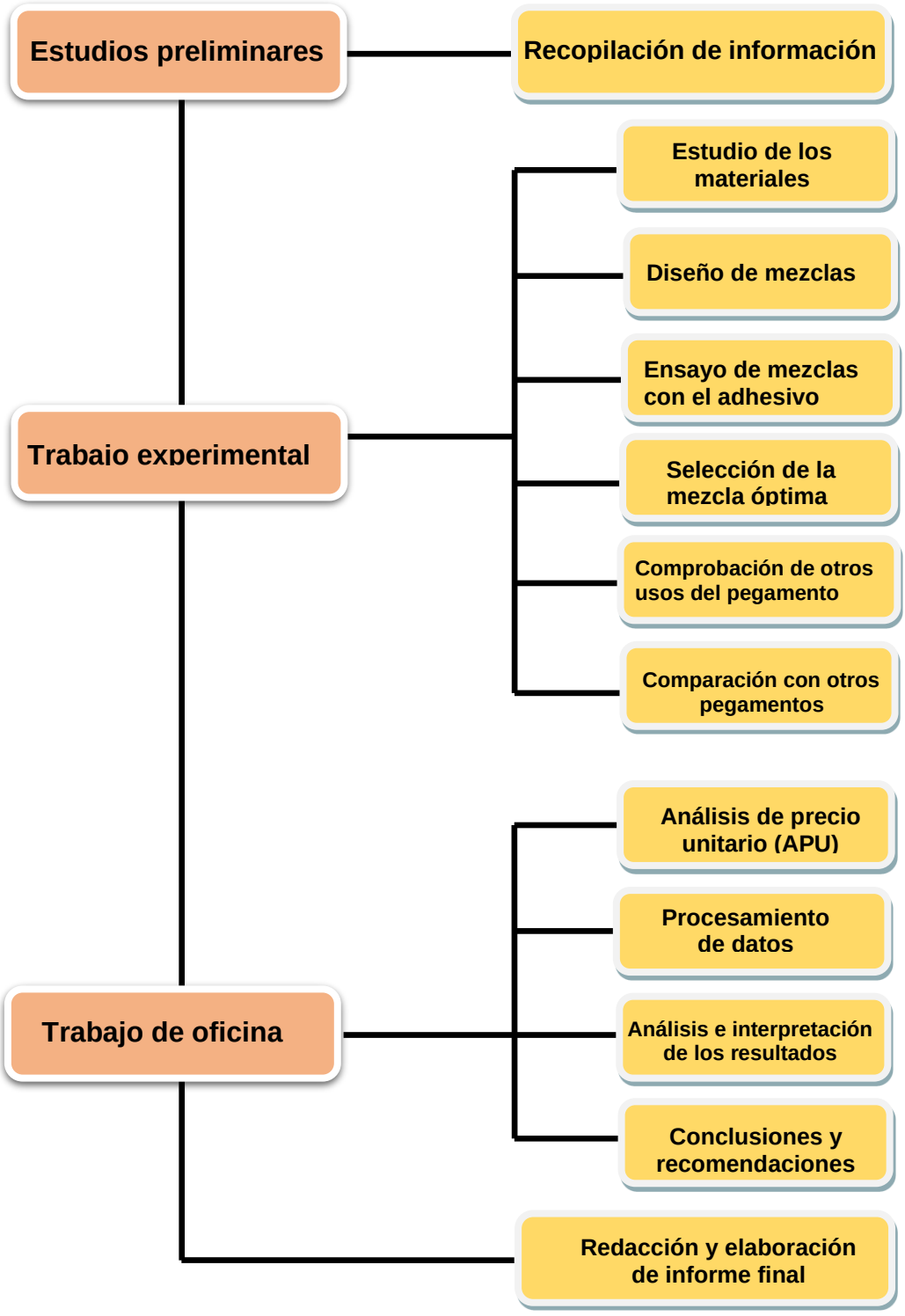


Figura 3. Flujograma de la investigación
Fuente: Autores (2024)

3.7.1 Descripción del flujograma de la metodología

3.7.1.1 Recopilación de información

A través de esta búsqueda, se obtuvieron diversas fuentes de indagación para establecer las bases teóricas de la presente investigación; además, por medio de la revisión bibliográfica se recopilo información que permitió conocer los diferentes materiales que conforman la mezcla, su función y propiedades, tomando en cuenta que se realizó con todo lo concerniente al tema en estudio, utilizándose referencias como libros, blogs, manuales, normas y paginas técnicas en internet. Estos permitieron sustentar los principios en los que se enfocó la investigación, luego de proceder a leer, seleccionar, clasificar y analizar los datos bibliográficos.

Por otro lado, la observación directa permitió la recopilación sistemática y rigurosa de los datos obtenidos de cada proceso y comportamiento en la fabricación del puente de adherencia para unir concreto fresco a concreto ya fraguado, fue especialmente importante para el análisis cuantitativo al poder identificar los materiales más efectivos para el pegamento juntamente con su dosificación exacta, así como la evaluación del funcionamiento del adhesivo en condiciones de temperaturas, ambientes húmedos y resistencia al visualizar las características específicas de cada una de las mezclas desarrolladas.

Igualmente, se empleó el uso de encuestas orales mediante vías telefónicas y visitas físicas a diferentes comercios que poseen adhesivos de resinas epóxicas y látex, como es el Sikadur®-32 Primer para unir concreto fresco a concreto ya fraguado, siendo esto de utilidad para conocer las características y costos de cada uno de los productos disponibles en el

mercado, así como se logró por medio de esta información realizar el análisis de precio y la comparación del adhesivo fabricado con los expuestos anteriormente.

3.7.1.2 Estudio de los materiales

Con la información obtenida anteriormente se obtuvo una serie de materiales a utilizar para el diseño de la mezcla optima, por lo cual se procedió a verificar las características físicas y químicas de cada uno de ellos, dado que actualmente los materiales existentes pueden trabajar en conjunto o combinados para cumplir cierta función determinada.

Para la presente investigación fue necesario seleccionar detalladamente los materiales estudiados, de tal forma que al unirlos cumplieran con el objetivo específico de unir concreto fresco a concreto ya fraguado, esto permitió ir descubriendo los materiales primordiales para el experimento del diseño de mezcla óptima del puente de adherencia.

3.7.1.3 Diseño de mezclas

Al ser seleccionados los materiales se procedió a mezclar cada uno de ellos con diferentes dosificaciones, en concentraciones variadas en cuanto a pureza como parte del estudio experimental, se pudo ir obteniendo diversas mezclas, las cuales fueron evaluadas en su comportamiento y además con el tiempo de aplicación ver cuál era la reacción de estas con el concreto.

Con referencia a lo anterior, para el diseño de las mezclas se usaron como materiales principales: el agua, acetato de vinilo, el Redispersible Polymer Powder (RDP) y cemento, siendo el acetato de polivinilo el

componente que presenta las propiedades adherentes del adhesivo, por medio de diferentes porcentajes de concentración se evaluaron las mezclas diseñadas con los materiales antes mencionados.

De igual forma, se prepararon pruebas en baldosas de concreto cilíndricas con las mezclas diseñadas a diferentes porcentajes de concentración del 50%, 60% y 70%. Estas fueron probadas en una duración de 14 días para encontrar, de esta manera, la mezcla óptima que producía la mayor adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado, comprobando cuál de todas funcionaba mejor en cuanto a concentración y tiempo de gelado. Para este estudio se realizó un registro de 10 semanas evaluando las proporciones, el grado de concentración y el tiempo de gelado de las mezclas.

3.7.1.4 Ensayos de mezclas con el puente de adherencia

Inicialmente, los ensayos de diseño de mezclas se realizaron con los materiales mencionados anteriormente, por tal razón, se efectuaron experimentos empíricos con la elaboración de diversas proporciones de mezclas desarrolladas, cada una de ellas enfocada en la variabilidad de los porcentajes para las dosificaciones empleadas, por medio del cual se comprobaría el mejor resultado obtenido, dado que, se debía corroborar cuál de estas cumplía con el principal objetivo de la presente investigación, de adherir concreto fresco a concreto ya fraguado.

Por consiguiente, se implementó otra serie de ensayos consecutivos realizados para los materiales estudiados, los cuales presentaron propiedades adhesivas. Además, estos pueden formar combinaciones al mezclarse con otros materiales, entre los que se puede mencionar la Celulosa, el alcohol polivinílico y el Redispersible Polymer Powder (RDP). A continuación, se

describe cada prueba realizada a lo largo del estudio experimental. (Ver figura 4)

Figura 4. Comprobación de la mezcla como puente de adherencia
Fuente: Autores (2023)

- **Ensayo de evaluación de mezclas comprobando la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado**

  Procedimiento: En una losa de concreto cilíndrica con un ancho de 30 cm y un espesor de 15 cm, con una resistencia de 210 kgf/cm2, se limpió la superficie de aplicación para verter las mezclas base del experimento, con sus proporciones y porcentajes de concentración diferentes en referencia a los materiales.

  Para la comprobación de la adherencia formada entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado, se aplicó una fuerza en sentido perpendicular al área de conexión del elemento adherido, empleado para lograr desprender la unión en ambos y así observar la capacidad

de agarre que obtuvo cada una de las mezclas preparadas para el ensayo. (Ver figura 5)

Figura 5. Comprobación de la adherencia entre concretos
Fuente: Autores (2023)

Duración de la prueba: Esta prueba tuvo una duración de 2 semanas. La losa de concreto usada como base para el ensayo cuenta con más de 28 días de fraguado, mientras que para el concreto fresco se debía de esperar 14 días de fraguado mínimo antes de iniciar la prueba, puesto que, este es el tiempo utilizado en promedio para desencofrar una losa nervada.

Entonces, las mezclas elaboradas se emplearon como puente de adherencia entre el concreto fresco y la superficie del concreto ya fraguado. Obteniendo así, a través del ensayo empleado el diseño de la mezcla óptima al encontrar los principales materiales adherentes que permiten unir el concreto fresco al concreto ya fraguado, siendo este el objetivo primordial de la presente investigación.

- **Ensayo de evaluación de mezclas comprobando la duración del gelado antes de agregar el concreto fresco**

  Procedimiento: Según las investigaciones realizadas, es necesario emplear diferentes proporciones y concentraciones en el diseño de mezcla para encontrar un prototipo de mezcla óptima que cumpla con los objetivos fijados. Básicamente se utilizan diversos materiales adherentes que proporcionen una unión cuando se mezclen. Para ello, se prepararon diferentes mezclas en vasos de 60 cm^3 y se aplicaron en la baldosa antes mencionada, con el fin de verificar la duración del tiempo de gelado, así como su comportamiento de adherencia, ya que, esto condujo a la preselección de los mejores candidatos.

  Duración de la prueba: la duración de la prueba se tuvo un lapso de 2 semanas, Se determinó el comportamiento de las dosificaciones empleadas en las mezclas elaboradas, los resultados obtenidos de la prueba realizada al usar los materiales estudiados permitió prolongar el gelado de la mezcla a su punto máximo de 1 hora antes de aplicar el concreto fresco. Este punto es de vital importancia, en casos como losa nervadas al momento de vaciar el concreto fresco sobre la superficie de concreto ya fraguado se requiere de un tiempo determinado dada la dificultad de los procesos constructivos de la misma.

  Modo de medición: se medió cada una de las proporciones empleadas en las mezclas, algunas expresadas en porcentajes, mientras que otras fueron expresadas en gramos usando como herramienta una balanza digital. Se registró cada una de las mezclas preparadas en cada recipiente de 60 cm^3 utilizando cuadros separados que representen los

datos de las obtenidos, es decir, la proporción de cada material usado. (Ver figura 6)

Figura 6. Comprobación del gelado de las mezclas en un lapso de 1 hora
Fuente: Autores (2023)

- **Ensayo de humedad**

Procedimiento: Para este ensayo se elaboró una batea de concreto de resistencia (210 kgf/cm²) con 30 cm de largo, 25 cm de ancho y 7 cm de alto, separada en la mitad para formar dos piezas, el concreto tuvo más de 28 días de fraguado. Se creó el encofrado con las dimensiones antes dichas, para la prueba se limpió la superficie a utilizar y se emplearon las mezclas preseleccionadas (Mz C, Mz F y Mz I), se vacío el concreto fresco dentro del encofrado para formar dos bateas con diferentes resistencias de concreto una con edad de 28 días y otra con edad de 14 días.

Una vez completado el tiempo estipulado, se comprobó la eliminación de la junta fría formada por la aplicación de las tres

muestras preseleccionadas antes dichas en condiciones de humedad extrema, mientras que para la batea donde no se utilizó una mezcla, ocurrió una filtración por medio de la junta fría generada en la unión del concreto. (Ver figura 7)

Figura 7. Comprobación de la filtración por la generación de la junta fría, sin la aplicación de las mezclas seleccionadas
Fuente: Autores (2023)

Duración de la prueba: La duración fue de 6 semanas, motivado a que el fraguado del concreto fresco dentro del tiempo estipulado fue de 14 días, para obtener una resistencia acorde a si se estuviera desencofrando una losa nervada, mientras que la edad estipulada para el concreto base fue de 28 días antes de vaciar el concreto fresco, esto acorde al objetivo principal de fabricar un puente de adherencia empleado para unir concreto fresco a concreto ya fraguado. Por lo cual, al completar los tiempos estipulados para el desarrollo de la prueba, se procedió a llenar completamente de agua la batea elaborada. (Ver figura 8)

Figura 8. Eliminación de la junta fría por la aplicación de las mezclas preseleccionadas
Fuente: Autores (2023)

- **Ensayo de temperatura o prueba térmica**

Procedimiento: En primer lugar, en una losa de concreto cilíndrica de 7 cm de ancho y 4 cm de espesor, se juntaron 3 muestras de mezclas con diferentes grados de concentración al 50%, 60% y 70%. Se preparó la baldosa aplicando en su superficie una capa de las mezclas preseleccionadas con espesor de 1 ml.

Después de 1 hora gelado las muestras, en un vaso plástico con capacidad de 60 cm^3 se vacío el concreto fresco sobre las mezclas. Entonces, luego de esperar 14 días de fraguar el concreto fresco, se utilizó un horno para ensayar la probeta desarrollada, introduciendo la baldosa a una temperatura de 450 °F o 232 °C, para evidenciar cuál es el comportamiento de las 3 mezclas al soportar altas temperatura. (Ver figura 9)

Figura 9. Horno empleado en la prueba de temperatura con duración de 1 hora a 232 °C
Fuente: Autores (2023)

Duración de la prueba: Su duración fue de 2 semanas, la rueda de concreto tiene más 28 días de fraguado en comparación a los conos sobre la rueda que cumplieron 14 días de fraguado antes de iniciar la prueba de temperatura, esta fue sometida a 1 hora de calor intensivo (232 °C) en el horno empleado para el ensayo térmico. (Ver figura 10)

Figura 10. Comprobación del soporte de temperatura a la cual fueron sometidas las mezclas preseleccionadas
Fuente: Autores (2023)

3.7.1.5 Selección de mezcla óptima

Una vez interpretados los resultados obtenidos de los diferentes ensayos antes mencionados a las muestras del puente de adherencia, se pudo seleccionar la mezcla del proyecto (Mz F) como prototipo de mezcla óptima. Se consideró una característica principal para la selección de la mezcla, satisfacer la duración máxima del tiempo de gelado según la norma ASTM C 1059 a 1 hora de trabajabilidad, sin que esta pierda sus propiedades de adherencia. La mezcla seleccionada supero las expectativas de la norma sin perder sus propiedades de adherencia, al ser capaz de soportar altas temperaturas, cumplir con el tiempo de gelado y trabajar en superficies húmedas así como secas con un rendimiento de espesor mínimo de 1 mm.

3.8.1.5.1 Ensayo de compresión

- **Procedimiento:** El proceso consistió en introducir una probeta cilíndrica de concreto en una prensa. Una vez allí, el cilindro recibió presión siguiendo el régimen preestablecido hasta que se rompió, quedando registrados todos los datos necesarios en los indicadores de la prensa. Se crearon 3 probetas cilíndricas para la prueba de compresión, dos testigos con edades diferentes, el primero con 28 días de fraguado y el segundo con 14 días de fraguado, el último se formó con un concreto de 28 días de fraguado y otro de 14 días de fraguado, en el cual se formó una conexión con una inclinación de 45° donde se aplicó la mezcla optima seleccionada (Mz F).

  Cabe destacar, para la creación de las probetas cilíndricas de concreto, se usó una dosificación compuesta por: 4.2 kg de cemento

para 10 lts de agregado y agua. Se aplicó la prueba del cono de Abrams al concreto, esta consistió en llenar un molde metálico troncocónico con extensiones regularizadas, en tres capas apretadas con unos 25 golpes de varilla, después se quitó dicho molde para hacer la medición del revenimiento que experimento la mezcla de concreto, obteniendo como resultado un revenimiento de 15 cm para efectos del diseño de mezcla.

Duración de la prueba: La duración de dicha prueba fue de 4 semanas, se realizó en la ciudad de El Tigre, Estado Anzoátegui, con la presencia de la Ing. Luisa Carnevall y el Ing. Gilberto Pinto, de la Planta venezolana de cementos SIMPCA, en el laboratorio de los ingenieros se ensayaron las probetas cilíndricas, esta tuvo una duración de 30 minutos para romper los especímenes antes mencionados. (Ver figura 11)

Figura 11. Comprobación de la resistencia a la compresión del testigo 1 y el testigo 2

Fuente: Autores (2023)

Modo de medición: La resistencia a la compresión de los 3 espécimen se calculó dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro medido del espécimen en cuestión, estos resultados arrojaron la resistencia de la mezcla óptima a los 14 días de fraguado el concreto. (Ver figura 12)

Figura 12. Comprobación de la resistencia a la compresión de la mezcla óptima
Fuente: Autores (2023)

3.8.1.6 Comprobación de otros usos del pegamento

Los resultados obtenidos de la búsqueda del prototipo de mezcla optima arrojaron que el adhesivo muestra excelente resultados para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, el resultado al momento de comprobar dicha adherencia a otros materiales como madera, madera con concreto, Policloruro de Vinilo (PVC), mármol y concreto ya fraguado a concreto ya fraguado se

expresa en igualdad de condiciones, es decir, el diseño óptimo de la mezcla se empleó para retrasar el gelado de la misma, esto afecta directamente la rapidez de acción del adhesivo, donde el puente de adherencia necesita de un tiempo mínimo, específicamente una semana para que este cumpla con los efectos de adherencia necesario en una conexión.

3.8.1.7 Comparación con otros pegamentos

Para la ejecución y avance de esta investigación experimental fue fundamental comparar el pegamento fabricado con los demás que están expuestos en el mercado, por medio de varias investigaciones y encuestas se obtuvo la información necesaria sobre las propiedades, usos y costos de los adhesivos a comparar.

En la actualidad, existen pegamentos diseñados para puentes de adherencia enfocados en unir concreto fresco a concreto ya fraguado y otros usos, por lo mismo se encuentran pegamentos hechos a base de resinas epóxicas, como lo es el Sikadur®-32 Primer, este posee diferentes características y propiedades que deber ser comparadas con el fabricado para poder verificar las diferencias y similitudes a encontrar en ambos. Esta comparación presentada se irá desarrollando a medida que avance el proceso de investigación.

3.8.1.8 Análisis de precio unitario

Para esta etapa se utilizó el software LuloWin llevando a cabo el análisis de precio unitario (APU) correspondiente al costo de elaboración del adhesivo fabricado, incorporado con la comparación del costo de los otros adhesivos del mercado. Es por ello, que el propósito fundamental de la presente

investigación, se basa en la fabricación del pegamento como puente de adherencia para el anclaje de concreto fresco a concreto fraguado empleando materiales de bajo costo.

3.8.1.9 Análisis e interpretación de los resultados

Luego de completar todas las pruebas y ensayos de este estudio experimental, se procesaron los datos, dando como resultado la determinación del adhesivo óptimo, así como sus propiedades, características, uso, condiciones de temperatura, método de empleo y aplicaciones. Además, cualquier error que pueda ocurrir durante las pruebas se reportó utilizando como referencia las normas respectivas como ASTM C 1059 y ASTM C 1042, a la par se enfocó la concentración del adhesivo, los materiales específicos utilizados para la dosificación y la rentabilidad de usar el adhesivos fabricado con materiales de bajo costo.

3.8.1.10 Conclusiones y recomendaciones

Tras el análisis e interpretación de los resultados se extrajeron las conclusiones más favorables para cada objetivo de este estudio en base a los resultados obtenidos. Esto incluye, en este sentido, recomendaciones específicas para su uso en la implementación de este adhesivo que es completamente innovador en el ámbito de la construcción.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, obtenidos mediante el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados, al respecto, Tamayo (2007, p. 37), señala que “se debe considerar que los datos tienen su significado únicamente en función de las interpretaciones que les da el investigador, ya que de nada servirá abundante información si no se somete a un adecuado tratamiento analítico”. Los datos obtenidos a través de pruebas y ensayos, permitieron analizar e interpretar cada uno de los resultados para cumplir con los objetivos de la investigación. Este paso fue crucial porque demuestra la eficacia del adhesivo que se fabricó como puente de adherencia para unir concreto fresco a concreto ya fraguado.

4.1 Identificación de los materiales más prometedores para la preparación de las mezclas en la fabricación del adhesivo

Para este punto, se definieron los materiales usados para fabricar el puente de adherencia, así como sus propiedades. Se tomó en cuenta el material base a partir de la información documental realizada, esencialmente se optaron por aquellos de alta calidad, fácil obtención y economía. Se utilizaron como parte del enfoque de la experimentación: el cemento, agua, acetato de polivinilo, Redispersible Polymer Powder (RDP), la celulosa y alcohol polivinílico (Ver tabla 2). Igualmente, se llevaron a cabo ensayos de mezclas a cada una de ellas para determinar los más efectivos a emplear en las dosificaciones.

Tabla 2. Descripción de los materiales utilizados para la fabricación del adhesivo

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Cemento Portland Tipo I	Es un polvo de argamasa de yeso. Como conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que se amasa con agua, forma una pasta que fragua y endurece por reacciones y procesos de hidratación. Una vez endurecido, mantiene su resistencia y estabilidad. Para el estudio se usó cemento portland tipo I proporcionado por la corporación socialista de cemento (CSC).
Redispersible Polymer Powder (RDP)	Es un copolímero de etileno y acetato de vinilo, que utiliza alcohol polivinílico como coloide protector, su propósito es ser mortero de unión adhesivo y aislante térmico, por lo cual, tiene un excelente rendimiento a prueba de agua, aumenta la elasticidad, mejorando así la resistencia al impacto del mortero, y reduce la absorción de agua. En este caso, se utilizó por su capacidad técnica para aumentar la cohesión, flexibilidad, fuerza adhesiva y propiedad impermeabilizante, proporcionada por la marca VAE.
Acetato de polivinilo	Es un polímero del monómero inestable acetato de vinilo. El PVA es un material termoplástico que suele utilizarse disuelto y se destina normalmente al recubrimiento y la carpintería. El usado para esta investigación, fue la Pega Sold 236, el cual contiene como ingrediente principal el polímero neutro basado en acetato de vinilo.
Celulosa	Es un biopolímero compuesto por moléculas de glucosa, unidas entre sí por un puente de hidrogeno, su fórmula es: $C_6H_{10}O_5$. Insoluble en agua y alcohol, se obtiene por vías naturales o artificiales, forma parte de las materias primas más procesadas, en la fabricación de papeles, cartones, maderas artificiales, celuloides, entre otros. En este caso se utilizó porque tiene funciones de adhesividad, relleno y formación de la película.
Agua	Es el elemento diluyente, proveniente del acueducto de la población de Cantaura, la cual proveyó la empresa Alexcar, C.A.
Alcohol polivinílico	El alcohol polivinílico tiene excelentes propiedades para formar películas, como emulsionante y como adhesivo, es resistente al aceite, grasas, disolventes, inodoro y no tóxico. Para este estudio se usó por ser soluble en agua, excelente formador de película, emulsificante, modificador de la viscosidad y adhesivo.

Fuente: Autores (2023)

En ese propósito, como parte esencial de la identificación de los materiales más efectivos para el adhesivo, una vez descritas sus respectivas propiedades, se muestran los resultados preliminares de las pruebas realizadas en una losa de concreto, esto llevo a descartar los materiales que no permitían la adecuada adherencia entre concretos. Para alcanzar el objetivo fue necesario indicar la nomenclatura de cada mezcla y sus ingredientes. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Nomenclatura, cantidad de materiales y porcentajes de las mezclas

Nomenclatura	Materiales	Cantidad (gr)	Porcentaje (%)
Mz 1	Cemento	28	73.683
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	5	13.157
	Agua	5	13.157
Mz 2	Cemento	24	72.726
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	6	18.181
	Agua	3	9.090
Mz 3	Cemento	28	73.683
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	5	13.157
	Alcohol poliviníllico al 7% en agua	5	13.157
Mz 4	Cemento	24	72.726
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	6	18.181
	Alcohol poliviníllico al 7% en agua	3	9.090
Mz 5	Cemento	28	73.680
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Celulosa	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	5	13.157
	Agua	5	13.157

Fuente: Autores (2023)

Continuación Tabla 3. Nomenclatura, cantidad de materiales y porcentajes de las mezclas

Nomenclatura	Materiales	Cantidad (gr)	Porcentaje (%)
Mz 6	Cemento	24	72.723
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Celulosa	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	6	18.181
	Agua	3	9.090
Mz 7	Cemento	28	73.680
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Celulosa	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	5	13.157
	Alcohol polivinílico al 7% en agua	5	13.157
Mz 8	Cemento	24	72.723
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.003
	Celulosa	0.001	0.003
	Acetato de polivinilo	6	18.181
	Alcohol polivinílico al 7% en agua	3	9.090
Mz 9	Cemento	50	76.918
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.002
	Acetato de polivinilo	10	15.384
	Agua	5	7.692
Mz 10	Cemento	50	76.118
	Redispersible Polymer Powder (RDP)	0.001	0.002
	Acetato de polivinilo	10	15.152
	Agua	5	7.576
	Alcohol polivinílico	1	1.152
Mz 11	Cemento	28	73.684
	Acetato de polivinilo	5	13.158
	Agua	5	13.158
Mz 12	Cemento	28	73.684
	Acetato de polivinilo	5	13.158
	Alcohol polivinílico al 7% en agua	5	13.158

Fuente: Autores (2023)

Tabla 4. Resultado de las mezclas elaboradas para descubrir los materiales más efectivos para la fabricación del pegamento con diferentes proporciones y duración de gelado

N° de mezcla	Elemento adherido	Cemento (%)	Polvo polímero redispersible (%)	Celulosa (%)	Agua (%)	Alcohol polivinílico al 7% en agua (%)	Acetato de polivinilo (%)	Alcohol polivinílico (%)	Duración (Días)	Observación y resultado de las mezclas
Mz 1	Concreto fresco	73.683	0.003		13.157		13.157		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 2	Concreto fresco	72.726	0.003		9.090		18.181		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 3	Concreto fresco	73.683	0.003			13.157	13.157		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 4	Concreto fresco	72.726	0.003			9.090	18.181		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 5	Concreto fresco	73.680	0.003	0.003	13.157		13.157		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 6	Concreto fresco	72.723	0.003	0.003	9.090		18.181		14	Si funcionó. Al despegar la pieza de concreto se observó el arrancamiento del mismo.
Mz 7	Concreto fresco	73.680	0.003	0.003		13.157	13.157		14	No funcionó. La muestra fallo por el pegamento, dado por la combinación de RDP y celulosa.
Mz 8	Concreto fresco	72.723	0.003	0.003		9.090	18.181		14	No funcionó. La muestra fallo por el pegamento, dado por la combinación de RDP y celulosa.
Mz 9	Concreto fresco	76.920	0.002		7.693		15.385		14	No funcionó. Parte del adhesivo se extrajo al despegar la pieza de concreto.
Mz 10	Concreto fresco	76.118	0.002		7.576		15.152	1.152	14	No funcionó. Parte del adhesivo se extrajo al despegar la pieza de concreto. Su mezcla proporciona poca trabajabilidad.
Mz 11	Concreto fresco	73.684			13.158		13.158		14	No funcionó. Sin el Redispersible Polymer Powder no hubo adhesión.
Mz 12	Concreto fresco	73.684				13.158	13.158		14	No funcionó. Sin el Redispersible Polymer Powder no hubo adhesión.

Fuente: Autores (2023)

Cabe destacar, que los resultados obtenidos se encontraron por medio de la aplicación inmediata de las mezclas sobre la superficie del concreto ya fraguado, luego se vació el concreto fresco sobre dicha área, esto demostró una eficacia óptima en la mayoría de los diseños elaborados después de romper las probetas a los 14 días de fraguado del concreto fresco.

En correspondencia, se tomaron los mejores resultados y se eliminaron los que no cumplieron con los estándares requeridos para el diseño de la mezcla óptima. De igual forma, para la elaboración del puente de adherencia se consideró un tiempo de gelado de 1 hora especificada por la norma ASTM C 1059, además de que la humedad extrema a la que puede estar sujeto el área a utilizar e igualmente la temperatura a la que este puede ser sometido, se encuentra como referencia en la norma antes mencionada.

Entonces, con los resultados obtenidos del primer ensayo realizado a las mezclas selectas, se seleccionaron los prospectos más adecuados para la demostración de la eficacia del puente de adherencia para tiempos de trabajabilidad de 1 hora en temperaturas de 30 Cº, una vez que ha sido culminado el mezclado de los materiales sólidos y líquidos.

Por otra parte, se confirmaron los materiales que producen una reacción efectiva de adherencia en los elementos entre los que se destaca: el cemento, Redispersible Polymer Powder (RDP) o polvo polímero redispersable, el acetato de polivinilo, el alcohol poliviníl̀ico al 7% en agua, la celulosa, el agua fue de vital importancia dado que se empleó para disminuir la concentración del alcohol poliviníl̀ico, lo que facilito la trabajabilidad de este material para ser mezclado con los demás ingredientes de las mezclas antes mencionadas. En tanto, se continuó con los experimentos de la investigación, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resultado de mezclas realizadas para encontrar los materiales más efectivos en la fabricación del pegamento a diferentes proporciones, tiempo de gelado a 1 hora y la humedad del área a utilizar

N° de mezclas	Contenido Sólido			Contenido Líquido			Observaciones y resultados obtenidos	
	Cemento (%)	Polvo polímero redispersable (%)	Celulosa (%)	Acetato de polivinilo (%)	Alcohol polivinílico al 7% en agua (%)	Agua (%)	Superficie sin humedecer Tiempo (1 hora)	Superficie humedecida Tiempo (1 hora)
Mz 1	73.683	0.003		13.157		13.157	No funciono. La mezcla gelo antes de adherir el concreto fresco al concreto ya fraguado.	Si funciono. La humedad de la superficie retraso el proceso de gelado de la mezcla.
Mz 2	72.726	0.003		18.181		9.090	No funciono. La mezcla gelo antes de adherir el concreto fresco al concreto ya fraguado.	Si funcionó. Aunque no proporcionó suficiente adherencia entre el concreto y la mezcla.
Mz 3	73.683	0.003		13.157	13.157		Si funcionó. El alcohol polivinílico al 7% en agua permitió mayor adhesión entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.	Si funcionó. El alcohol polivinílico al 7% en agua permitió mayor adhesión entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.
Mz 4	72.726	0.003		18.181	9.090		Si funcionó. El alcohol polivinílico al 7% en agua permitió mayor adhesión entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.	Si funcionó. El alcohol polivinílico al 7% en agua permitió mayor adhesión entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.
Mz 5	73.680	0.003	0.003	13.157		13.157	No funciono. La mezcla gelo antes de adherir el concreto fresco al concreto ya fraguado.	Si funcionó. Aunque no proporcionó suficiente adherencia entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.
Mz 6	72.723	0.003	0.003	18.181		9.090	No funciono. Porque la medida de proporción de la mezcla gelo antes de poder adherir el concreto fresco sobre la superficie del concreto ya fraguado.	Si funcionó. Aunque no proporcionó suficiente adherencia entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.

Fuente: Autores (2023)

De acuerdo con los resultados obtenidos del segundo ensayo, se encontró que los componentes como el Redispersible Polymer Powder (RDP) y el Alcohol polivinílico, son fundamentales para la mezcla del pegamento a fabricar, puesto que, estos aumentan la adherencia que suministran los materiales como el acetato de polivinilo y el cemento.

Aunado a eso, el alcohol polivinílico no se puede usar netamente concentrado, ya que dificulta el mezclado de los ingredientes, motivo por el cual fue necesario disminuir su concentración en agua, además de ayudar a retrasar el gelado de la mezcla, mientras que el polvo polímero redispersable aumenta la estabilidad de la cohesión del puente de adherencia. Razón por la cual, fue necesario ir desechando aquellos materiales que no proporcionaron los mejores resultados:

Celulosa: Porque a pesar de su buena adhesión, relleno y formación de la película este material presenta problemas dentro de las mezclas a elaborar dado que no proporciona la adherencia necesaria en el producto final al adherir el concreto fresco sobre la superficie del concreto ya fraguado, dada su poca trabajabilidad. Siendo esto un hecho relevante al momento de emplear el adhesivo óptimo en los casos específicos como columnas, vigas, losas de techo.

Por lo cual, las mezclas que contienen materiales como el mencionado anteriormente, quedaron descartadas por su falta de adherencia y poca trabajabilidad, entre ellas se puede mencionar las mezclas Mz 5, Mz 6, Mz 7, Mz 8, Mz 9, Mz 10, Mz 11 y Mz 12, además para esta selección se encuentran aquellas que no cumplieron con el objetivo principal de la presente investigación, el cual se fundamenta en fabricar un puente de adherencia como anclaje entre el concreto fresco al concreto ya fraguado.

4.2 Establecimiento del prototipo de mezcla óptima, variando las proporciones en la elaboración del pegamento como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado

De acuerdo al análisis obtenido de los ensayos preliminares descritos anteriormente, una vez que se han identificados los materiales más efectivos para la fabricación del puente de adherencia entre concreto fresco y concreto ya fraguado, se preselecciono la mezcla a evaluar al variar las proporciones de los ingredientes empleados en cada mezclas, con un enfoque en los que formaron parte de la selección comprobada en los resultados del primer objetivo.

Entonces, el enfoque de la mezcla base a fabricar para los nuevos ensayos a desarrollar se enfocaron en la mezcla Mz 3, donde se aplicó diferentes proporciones en el material base que permite la adecuada adherencia de las mezclas, siendo este el acetato de polivinilo, las proporciones se concentraron en el 50%, 60% y 70%, de igual forma se aplicó el mismo procedimiento para la concentración del alcohol poliviníllico al 3%, 7% y 10% en agua.

Para ello se llevó a cabo una nueva dosificación y proporción de la mezcla Mz 3, esto con el fin de encontrar el preestablecimiento del prototipo de mezcla óptima necesario para la presente investigación, el cual se comprobó al haber realizado una variabilidad especifica en cada una de las proporciones para la elaboración del pegamento como puente de adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado, razón por la que en la siguiente tabla se muestra la cantidad de materiales y porcentajes de la mezcla (Mz 3) como foco de preparación antes mencionado como demostración de las nuevas mezclas desarrolladas.

Tabla 6. Nomenclatura, cantidad de materiales y porcentajes de la mezcla (Mz3) como foco de preparación

Nomenclatura	Materiales	Cantidad (gr)	Porcentaje (%)
Mz (A) 50%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 3% en agua	28 0.001 5 5	73.683 0.003 13.157 13.157
Mz (B) 50%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 7% en agua	28 0.001 5 5	73.683 0.003 13.157 13.157
Mz (C) 50%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 10% en agua	28 0.001 5 5	73.683 0.003 13.157 13.157
Mz (D) 60%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 3% en agua	30 0.001 6 4	74.999 0.004 14.999 9.999
Mz (E) 60%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 7% en agua	30 0.001 6 4	74.999 0.004 14.999 9.999
Mz (F) 60%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico 10% en agua	30 0.001 6 4	74.999 0.004 14.999 9.999
Mz (G) 70%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 3% en agua	32 0.001 7 3	76.188 0.002 16.667 7.14376
Mz (H) 70%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 7% en agua	32 0.001 7 3	76.188 0.002 16.667 7.143
Mz (I) 70%	Cemento Redispersible Polymer Powder (RDP) Acetato de polivinilo Alcohol polivinílico al 10% en agua	32 0.001 7 3	76.183 0.002 16.667 7.143

Fuente: Autores (2023)

A partir de la dosificación implementada, se realizaron nuevamente los anteriores ensayos aplicados en las otras muestras para encontrar el prototipo de mezcla óptima del puente de adherencia, enfocándose principalmente en retrasar el gelado de la mezcla diseñada a un tiempo de 1 hora. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

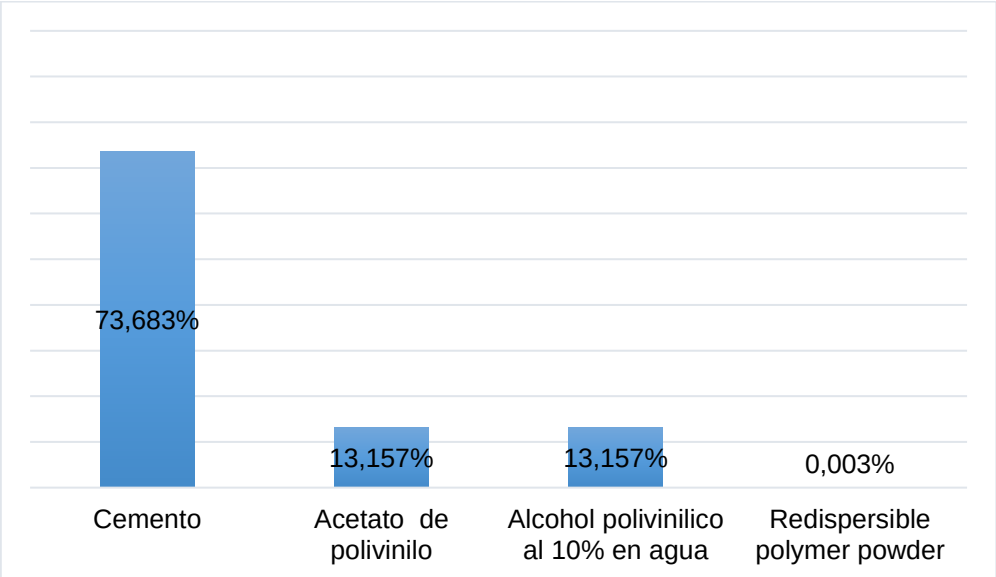
Tabla 7. Resultados obtenidos a partir de la mezcla Mz 3, variando sus proporciones y concentración para encontrar los materiales más efectivos en la fabricación del pegamento con una duración de 1 hora de gelado antes de vaciar el concreto fresco

N° de mezcla	Contenido Sólido		Contenido Líquido				Observaciones y resultados obtenidos	
	Cemento (%)	Polvo polímero redispersable (%)	Acetato de polivinilo (%)	Alcohol polivinílico al 3% en agua (%)	Alcohol polivinílico 7% en agua (%)	Alcohol polivinílico 10% en agua (%)	Superficie sin humedecer Tiempo (1 hora)	Superficie humedecida Tiempo (1 hora)
Mz (A)	73.683	0.003	13.157	13.157			Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (B)	73.683	0.003	13.157		13.157		Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (C)	73.683	0.003	13.157			13.157	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua fue seleccionada como óptima.	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua fue seleccionada como óptima.
Mz (D)	74.999	0.004	14.999	9.999			Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (E)	74.999	0.004	14.999		9.999		Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (F)	74.999	0.004	14.999			9.999	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua resulto ser la seleccionada como mezcla óptima.	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua resulto ser la seleccionada como mezcla óptima.
Mz (G)	76.188	0.002	16.667	7.143			Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (H)	76.188	0.002	16.667		7.143		Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.	Si funcionó. Aunque la adherencia entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado no fue la mezcla óptima.
Mz (I)	76.188	0.002	16.667			7.143	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua resulto ser la seleccionada como mezcla óptima.	Si funcionó. La concentración del alcohol polivinílico al 10% en agua resulto ser la seleccionada como mezcla óptima.

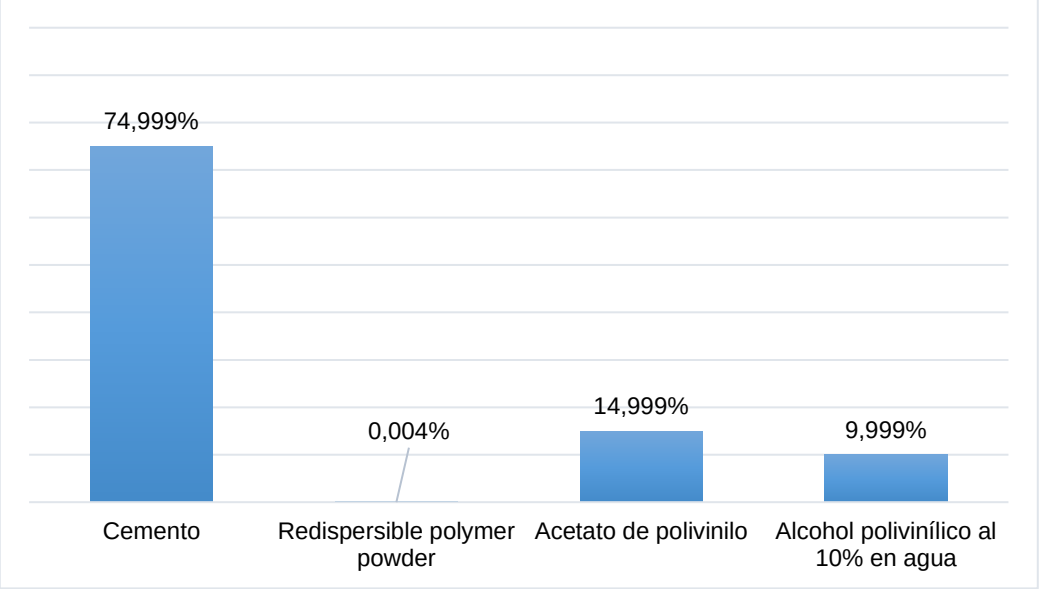
Fuente: Autores (2023)

De acuerdo a la información recopilada por medio de las pruebas ejecutadas en las nuevas mezclas antes descritas, se obtuvo que la concentración del alcohol polivinílico interfirió directamente con el proceso de gelado de las mezclas diseñadas, es decir, la concentración del alcohol polivinílico disuelto en el agua permitió adherir el concreto fresco a la superficie húmeda o seca del concreto ya fraguado después de 1 hora de haber aplicado el concreto fresco sobre las muestras elaboradas.

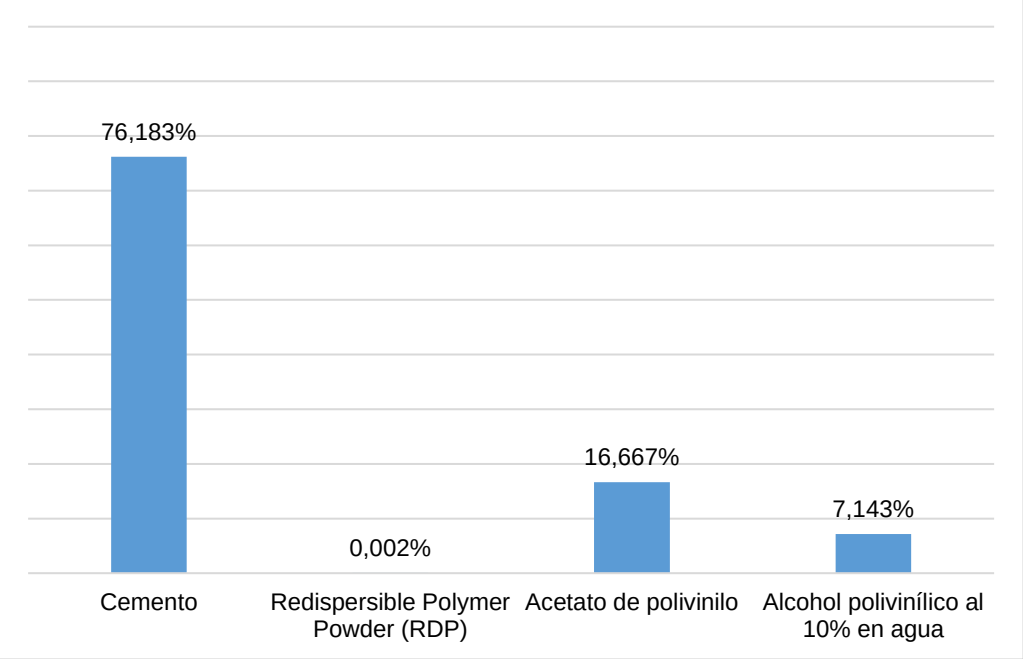
En concordancia con los resultados obtenidos, el propósito fue de comparar la adhesión encontrada en cada una de las mezclas para el establecimiento del prototipo de mezcla óptima, con sus diferentes concentraciones seleccionadas desde el objetivo anterior, usando componentes como el alcohol polivinílico, agua y el polímero redispersable. A continuación, en las siguientes gráficas se representan las proporciones de mezclas utilizadas en la preselección.



Gráfica 1. Porcentajes de los materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz C) para la determinación de la mezcla óptima
Fuente: Autores (2023)



Gráfica 2. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz F) para la determinación de la mezcla óptima
Fuente: Autores (2023)



Gráfica 3. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada (Mz I) para la determinación de la mezcla óptima
Fuente: Autores (2023)

Por lo tanto, en las pruebas realizadas se encontró que todas las mezclas funcionaban para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, algunas mejor que otras. A partir de esto, se destacan las mezclas con mejor desempeño, aquella que con una mayor proporción de acetato de polivinilo y menor proporción de alcohol polivinílico disuelto en el agua estabilizo la reacción de los componentes.

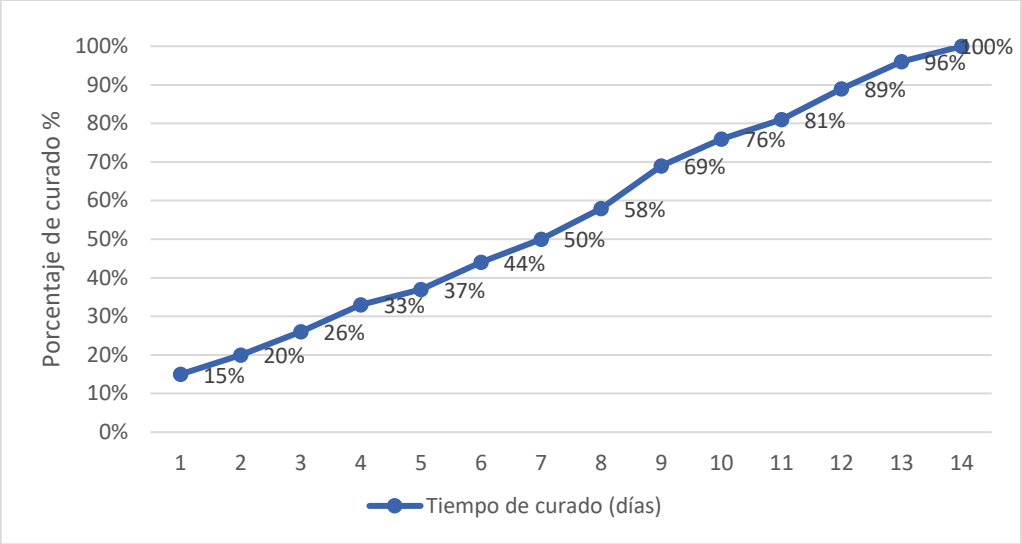
En concordancia con lo mencionado anteriormente, las mezclas preseleccionadas hasta el momento son: mezcla (Mz C), se representa por los materiales base como: cemento, acetato de polivinilo, Redispersible Polymer Powder (RDP), alcohol polivinílico al 10% en agua. Así como la mezcla (Mz F), que consta de materiales básicos, que son: acetato de polivinilo, cemento, Redispersible Polymer Powder (RDP), alcohol polivinílico al 10% en agua. Además de la mezcla (Mz I), con los materiales base como: cemento, acetato de polivinilo, Redispersible Polymer Powder (RDP), Alcohol polivinílico al 10% en agua.

Por otro lado, tras preseleccionar las tres mezclas (Mz C, Mz F y Mz I), el objetivo es fabricar un prototipo de mezcla óptima como puente de adherencia. Tras haber determinado las proporciones correctas, estas mezclas preseleccionadas fueron probadas en humedad extrema, tiempo de curado y temperatura o prueba térmica, permitiendo esto estipular cuál desempeñaba la mejor trabajabilidad en las condiciones antes mencionadas.

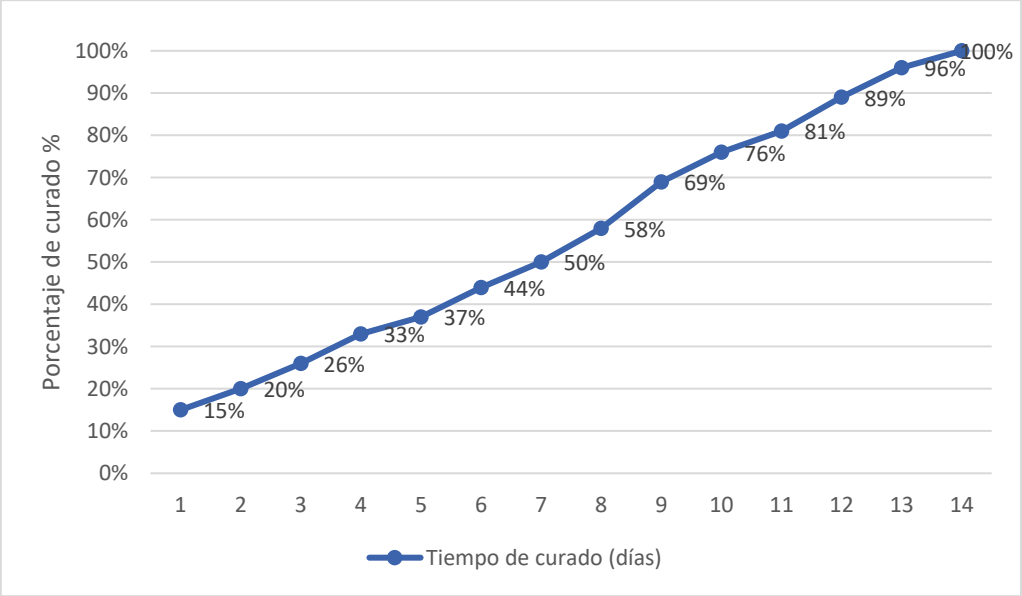
4.2.1 Ensayo de tiempo de curado

Para este ensayo se procedió a vaciar concreto fresco sobre la superficie del concreto ya fraguado con las mezclas (Mz C, Mz F y Mz I) evaluando el comportamiento de las mismas en un lapso de tiempo de 14 días. Los

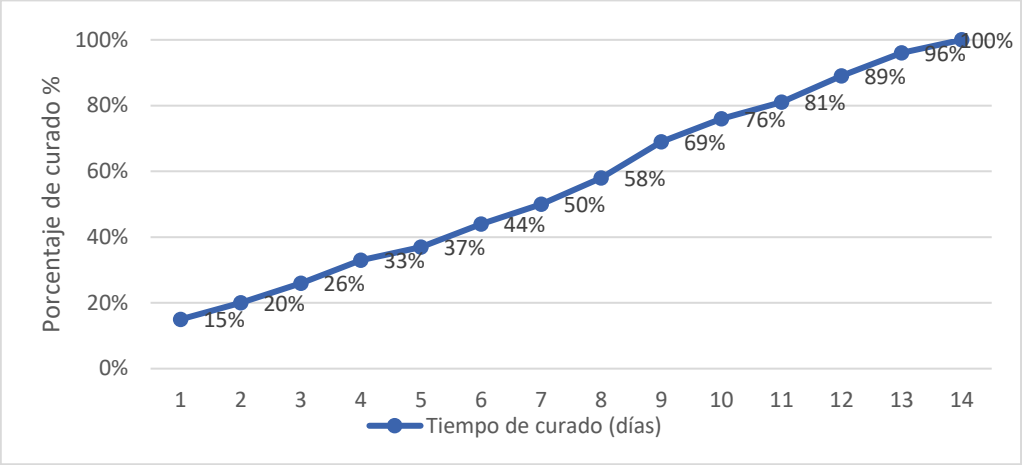
resultados obtenidos sobre la resistencia y tiempo de curado se muestran a continuación en las siguientes gráficas:



Gráfica 4. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz C
Fuente: Autores (2023)



Gráfica 5. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz F
Fuente: Autores (2023)



Gráfica 6. Relación de tiempo y porcentaje de curado de la mezcla Mz I
Fuente: Autores (2023)

4.2.2 Ensayo de humedad

El propósito de este ensayo fue de eliminar la junta fría generada, por medio de la aplicación de las mezclas preseleccionada (Mz C, Mz F y Mz I). Se observó que la filtración ocurrió en la batea donde no se aplicó el adhesivo, mientras que, para las muestras en la cual fue aplicado el puente de adherencia no se generó la filtración. (Ver figura 13)

Figura 13. Eliminación de la junta fría por la aplicación de las mezclas óptimas preseleccionadas en condiciones de humedad extrema
Fuente: Autores (2023)

Para esta prueba, se llenó completamente con agua la batea construida de concreto con una resistencia de 210 kgf/cm² de 30 cm de largo, 25 cm de ancho y 7 cm de alto, la cual está formada con dos concretos de diferentes tiempo de fraguado, uno con más de 28 días de fraguado y el otro con 14 días de fraguado. Se comprobó su comportamiento durante un lapso de tiempo de 24 horas. Así mismo, en las mismas condiciones que la anterior se formó una batea sin puente de adherencia para realizar la comparación de los resultados obtenidos en el ensayo, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 8. Prueba del pegamento en condiciones húmedas por medio de la conexión en la junta fría formada

Batea con junta fría en la conexión	Condición	Resultado
Mz C	Húmedo	Funciona óptimamente, la mezcla seleccionada elimino por completo la junta fría formada, al no haber filtración en la conexión de ambos concretos.
Mz F	Húmedo	Funciona óptimamente, la mezcla seleccionada elimino por completo la junta fría formada, al no haber filtración en la conexión de ambos concretos.
Mz I	Húmedo	Funciona óptimamente, la mezcla seleccionada elimino por completo la junta fría formada, al no haber filtración en la conexión de ambos concretos.
Sin adhesivo	Húmedo	No funciona, la filtración del agua ocurrió por la junta formada en la conexión.

Fuente: Autores (2023)

Con base en lo anteriormente expuesto, se observó que no existe diferencia en el comportamiento de las mezclas preseleccionadas en condiciones de humedad extrema, lo que significa, que el puente de adherencia es apto para su uso en estructuras donde se presente humedad,

mientras la superficie esté debidamente limpia y libre de material orgánico. Además, se demostró que al no contar con una adherencia suficiente entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado, la filtración ocurrió por medio de la junta fría generada.

4.2.3 Ensayos de temperatura o prueba térmica

4.2.3.1 Ensayo de temperatura

Para esta prueba térmica se empleó una pieza de concreto cilíndrica con más de 28 días de fraguado como base. Luego de limpiar la superficie se aplicaron directamente las mezclas preseleccionadas (Mz C, Mz F y Mz I) con espesores de 1 mm. Después de un lapso de tiempo de 1 hora se vacío el concreto fresco sobre la zona a emplear en moldes canónicos con capacidad de 60 cm^3, a una edad de 14 días de fraguado antes de iniciar el ensayo de temperatura a 232 °C con una duración de 1 hora en el horno. (Ver figura 14)

Figura 14. Resultado de las mezclas preseleccionadas sometidas a la prueba de temperatura 232 °C en un horno con una duración de 1 hora
Fuente: Autores (2023)

En una pieza de concreto ya fraguado con forma cilíndrica, se vació concreto fresco sobre las respectivas mezclas preseleccionadas, para esta prueba se utilizó un horno, en el cual se introdujo la pieza para comprobar el comportamiento de las mezclas. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resultados de las mezclas sometidas a la prueba de temperatura en un horno a 232 °C con duración de 1 hora

Mezcla	Temperatura (°C)	Duración	Resultado
Mz C	232	1 hora	Funcionó. La mezcla no se quemó y al momento de romper la probeta, este fallo por el concreto de menor resistencia, por lo que, el adhesivo mantuvo la adherencia después de la prueba aplicada.
Mz F	232	1 hora	Funcionó. La mezcla no se quemó y al momento de romper la probeta, este fallo por el concreto de menor resistencia, por lo que, el adhesivo mantuvo la adherencia después de la prueba aplicada.
Mz I	232	1 hora	Funcionó. La mezcla no se quemó y al momento de romper la probeta, este fallo por el concreto de menor resistencia, por lo que, el adhesivo mantuvo la adherencia después de la prueba aplicada.

Fuente: Autores (2023)

Los resultados anteriores demostraron que las mezclas preseleccionas (Mz C, Mz F y Mz I) a ensayar funcionaron óptimamente a 232 °C, siendo esta una temperatura superior en comparación con los adhesivos expuesto en el mercado, los cuales al tener como material base resinas epóxicas no pueden

ser usados en temperaturas mayores a 40 °C, dado que, este adhesivo se quema al ser expuesto a las condiciones térmicas antes mencionadas. Por lo tanto, esto se presenta como un restrictivo para el producto formado por este material.

Es importante destacar que, para este punto como se demostró en los resultados anteriores las mezclas Mz C, Mz F y Mz I, obtuvieron excelentes resultados al momento de ser ensayadas, se tomó la decisión de elegir la mezcla con mayor rendimiento de su tiempo de trabajabilidad, además de demostrar excelentes resultados como puente de adherencia, resistencia a la compresión, gelado, soporte de altas temperaturas y condiciones de humedad extrema.

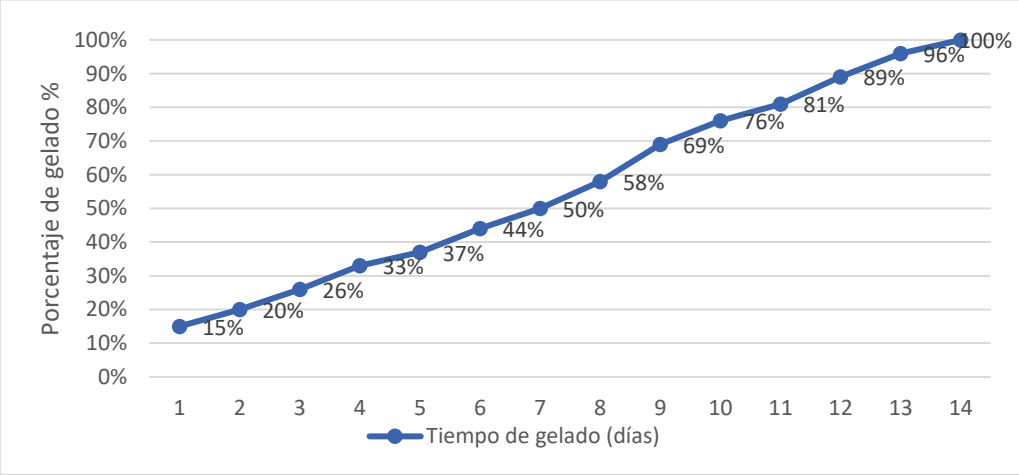
La mezcla a seleccionar fue (Mz F), por su trabajabilidad en superficies húmedas y secas, el soporte de altas temperaturas así como el rendimiento de aplicación, permitió elegir esta como el prototipo de mezcla óptima para la fabricación del adhesivo, para el complimiento del objetivo principal de la presente investigación que es de fabricar un puente de adherencia para el anclaje de concreto fresco a concreto fraguado empleando materiales de bajo costo.

4.3 Demostración de otros usos donde puede ser aplicado el pegamento

Una vez seleccionada y establecida la mezcla óptima utilizada para producir el adhesivo, y a su vez comprobada la efectividad del material para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, se realizaron pruebas adicionales para demostrar otras aplicaciones donde se puede usar el puente de adherencia especificado. Por consiguiente, cada material fue probado y sus resultados se describen a continuación:

4.3.1 Ensayo con concreto ya fraguado

Los resultados de esta prueba demostraron que la mezcla Mz F se adhiere efectivamente a los conjuntos de piezas de ambos concretos luego de haber aplicado la mezcla. Dada la fuerte unión desarrollada por el adhesivo luego de este gelar por 14 días, se identificaron las grietas formadas en el hormigón durante la separación de ambos concretos. Cabe destacar, que la edad de los concretos es de más de 28 días de fraguado. Por lo que, este pegamento es muy útil en situaciones donde se requiera unir concreto ya fraguado a concreto ya fraguado. (Ver grafica 7)

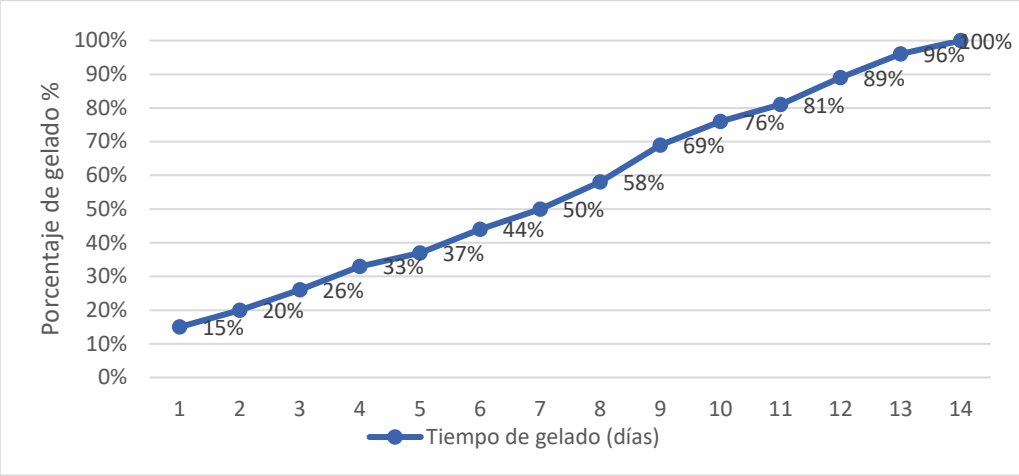


Gráfica 7. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima con concreto ya fraguado
Fuente: Autores (2023)

4.3.2 Ensayo con madera y concreto ya fraguado

Para este caso se utilizó piezas de madera adheridas a piezas de concreto ya fraguado, empleando la mezcla óptima Mz F, con períodos de tiempo de 14 días (Ver grafica 8). Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos, su efectividad fue comprobada al transcurrir los 14 días, dando

como resultado una adherencia efectiva entre la madera y el concreto ya fraguado donde quedaba parte de la pieza de madera adherida al concreto o viceversa, este fallaba en el concreto al haber un arrancamiento del mismo.



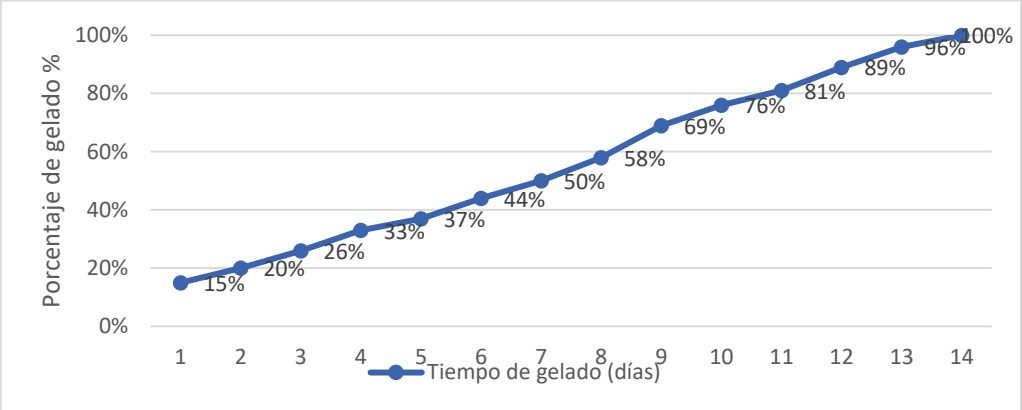
Gráfica 8. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima con madera y concreto ya fraguado
Fuente: Autores (2023)

Por lo cual, se demostró que dicha mezcla en materiales como la madera y el concreto ya fraguado adhiere correctamente. Tanto la madera como el concreto son materiales altamente utilizados en la construcción de edificaciones, por lo que, el hecho de que el pegamento permita unir ambos es una gran ventaja, dado que este puede ser utilizado en situaciones sencillas como unir estanterías, entre otros.

4.3.3 Ensayo con madera

La madera es un material altamente utilizado para el área de la construcción, por su sostenibilidad, edificabilidad, modernidad y versatilidad, en tal sentido, se realizaron las pruebas de ensayo uniendo dos piezas de madera, (Ver figura 15), las cuales debían fallar por la madera y no por la

conexión del puente de adherencia. Los resultados obtenidos para este ensayo, arrojaron que en un periodo de 14 días la madera se adhería con suficiente resistencia al arrancar parte de cualquiera de las piezas usada en dicha prueba. (Ver gráfica 9)

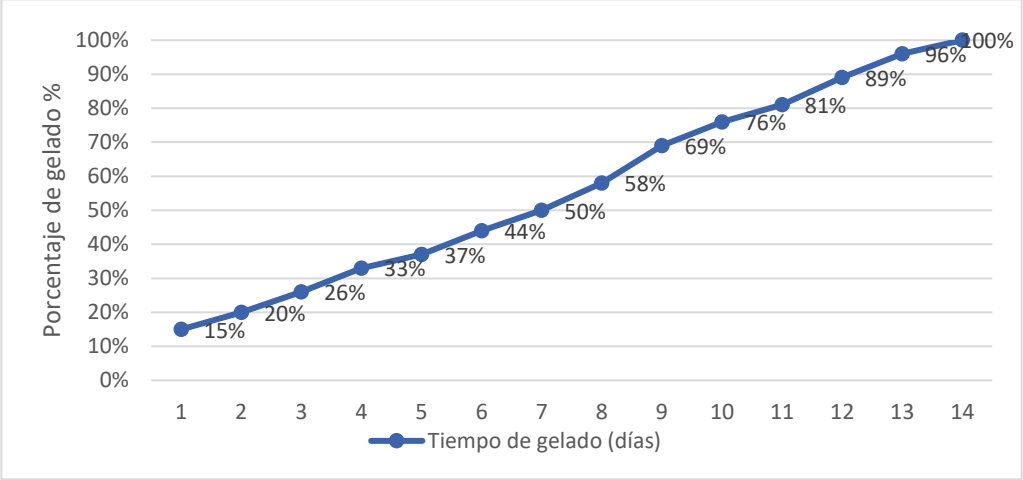


Gráfica 9. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima con madera
Fuente: Autores (2023)

Figura 15. Demostración de la unión del puente de adherencia en piezas de madera utilizando la mezcla óptima (Mz F)
Fuente: Autores (2023)

4.3.4 Ensayo con PVC

Figura 16. Demostración de adherencia entre dos piezas de tubos PVC, sin filtración de agua
Fuente: Autores (2023)



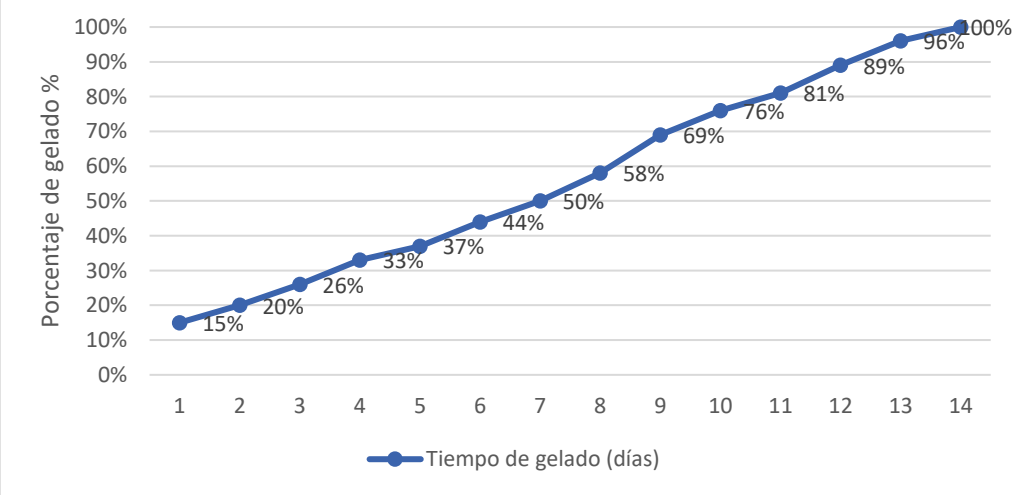
Gráfica 10. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima entre dos piezas de tubos PVC
Fuente: Autores (2023)

Esta prueba se realizó con tubos PVC de ½ pulgada, en donde se colocó el pegamento al borde de ambos tubos, dejándolo gelar en tiempos de 14 días (Ver grafica 10). Luego, se ubicó una manguera dentro de ellos, demostrando

que el pegamento trabajaba correctamente para este tipo de material, dado que al correr el agua no se presentó filtración en la unión de ambos tubos, quedando sellada de manera efectiva la unión. Esto es ventajoso en situaciones donde se requiera la unión de juntas y tuberías de PVC en instalaciones como plomería, sistemas de riego o en casos de agrietamiento y rompimiento de los tubos. (Ver figura 16)

4.3.5 Ensayo con mármol

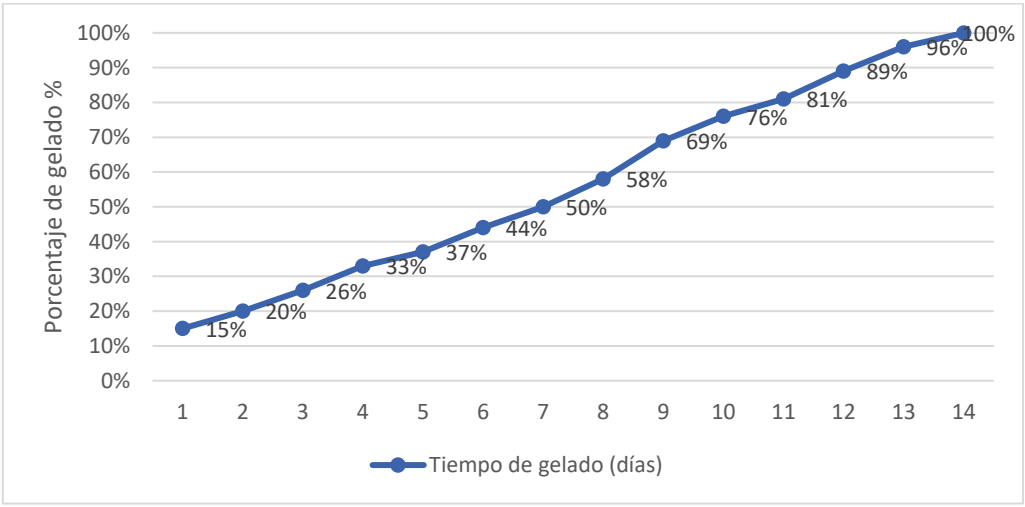
En este ensayo se realizaron la unión de dos piezas de mármol juntamente, motivado a verificar si el puente de adherencia conectaba de manera eficaz el material antes mencionado, razón por la cual se especificó un tiempo de gelado de 7 días (Ver grafica 11). Obteniendo como resultado de la prueba aplicada que la adherencia de la mezcla Mz F es adecuada, dado que, las piezas de mármol no se despegaron. Este dato es útil para situaciones donde se requiera unir mármol.



Gráfica 11. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima con mármol
Fuente: Autores (2023)

Figura 17. Demostración de adherencia de dos piezas de mármol
Fuente: Autores (2023)

4.3.6 Ensayo con mármol y concreto fraguado



Gráfica 12. Relación de tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima con mármol y concreto fraguado
Fuente: Autores (2023)

El propósito de este ensayo fue de comprobar la efectividad del adhesivo en la unión del mármol con el concreto. Los resultados obtenidos sobre la

efectividad del puente de adherencia en las piezas de mármol adheridas al concreto, demostraron que no se desprendieron al ocasionar el arrancamiento del mismo. Esto es ventajoso en situaciones donde se requiera adherir y reparar las placas de mármol.

Figura 18. Demostración de adherencia de piezas de mármol al concreto
Fuente: Autores (2023)

4.4 Ensayo de compresión

4.4.1 Equipos usados para el desarrollo de los especímenes

- Cilindro metálico para concreto de 6 pulgadas
- Cono de Abrams
- Martillo con cabeza de caucho
- Carretilla con capacidad de 0.075 m^3
- Cernidor
- Tobo de albañilería
- Pala
- Varilla compactadora lisa

- Herramientas menores como cuchara y palustre para muestra de concreto.

4.4.2 Preparación de la mezcla de concreto a ensayar

Para la preparación de la mezcla de concreto a ensayar se usó una proporción de 10 sacos de cemento por m^3, además de usar 10 litros de agregado para la dosificación formulada, a esta mezcla se aplicó el método del cono de Abrams, donde se calculó el revenimiento obtenido del concreto, como resultado derivado del método aplicado se obtuvo un revenimiento de 15 cm.

Cabe destacar, antes de tomar la muestra se tuvo presente el tiempo transcurrido entre la obtención de la muestra y la utilización para el ensayo fuera lo más corto posible, igualmente la superficie donde se elaboraron los especímenes se verifico que fuera nivelada, rígida y fuera de vibración, lo más cercana posible a donde estos serán almacenados. (Ver figura 19)

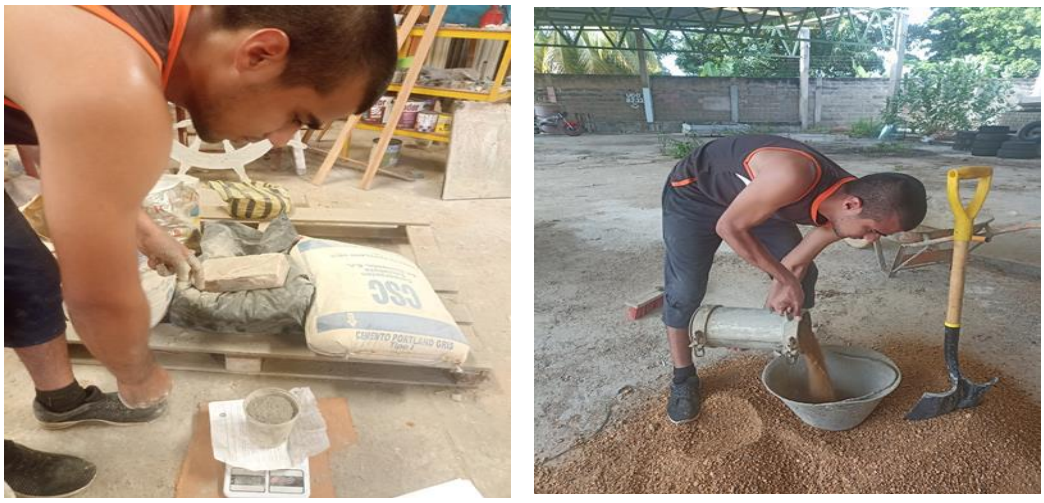


Figura 19. Preparación de la mezcla de concreto a ensayar
Fuente: Autores (2023)

4.4.3 Preparación del espécimen compuesto

Se tomó la muestra de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C 1042. Para ello se prepararon tres especímenes, dos testigos que certificaran la resistencia del tercer testigo, comprobando que fallaría por el concreto de menor resistencia y no en la conexión generada por el puente de adherencia. El adhesivo se aplicó en la cara diagonal de la media cuña ya fraguada, que está contenida en la probeta cilíndrica.

Luego este se llenó con el concreto fresco, la duración de fraguado para el testigo 1 fue de 28 días concretamente, el testigo 2 tuvo un tiempo de fraguado de 14 días, mientras que el espécimen 3 está compuesto con dos concretos de diferentes resistencias, dado que, la base de este con una altura de 15 cm, fraguo por 28 días, mientras que el cabezal, con base de igual tamaño, fraguo por 14 días y en su eje central se formó una interfaz adherida con el pegamento. Se evaluó con el propósito de obtener la resistencia a la compresión soportada por el adhesivo en la junta fría.

4.4.4 Curado y ensayo

El curado inicial de los especímenes se realizó en el taller de la empresa Concretos decorativos Alexcar, C.A., en unos tobos con capacidad de 18 litros, se sumergieron las probetas cilíndricas de tal manera que el agua sobrepasara el cabezal del espécimen expuesto a la humedad, este proceso se prolongó hasta el momento de ensayar el espécimen en la máquina de compresión, en un ambiente de laboratorio programado. Para asegurar la seguridad de los especímenes a trasportar se cumplieron con las rigurosas medidas establecidas por el ingeniero encargado de la concretara donde se realizó el ensayo de compresión:

4.4.5 Condiciones de transporte

- Se colocaron los moldes a temperatura ambiente 24 horas antes de ensayar, esto es porque se debe filtrar el exceso de agua acumulado por el curado del concreto.

- Los especímenes se identificaron con marcador permanente para su correcta identificación.

- Durante el transporte se deben proteger de daños por los golpes, perdida de humedad, cargas y vibraciones.

- Dentro de tres tobos con capacidades de 18 litros cada uno, se colocó una fina capa de agregado fino, luego los cilindros en cada tobo para rellenar estos completamente, con el propósito de que estos especímenes no sufran ningún daño que pueda modificar el ensayo.

- El tiempo de transporte no debe exceder más de 4 horas de viaje.

En ese contexto, se cumplieron con todas las regulaciones suministradas por el ingeniero encargado del laboratorio, el cual tiene su ubicación en la ciudad de El Tigre con un tiempo estimado de viaje de una 1 hora en vehículo particular. Una vez en el laboratorio, se procedió a realizar la prueba en los cilindros, se testeo el testigo 1, arrojando como resultado los kilogramos soportados, así sucesivamente se testearon las demás muestras. A continuación, en las siguientes figuras se demuestran los resultados obtenidos del ensayo de compresión aplicado a los testigos elaborados para demostrar la resistencia del pegamento con respecto a la unión formada:

Figura 20. Condiciones de transporte
Fuente: Autores (2023)

4.4.6 Observaciones y resultados arrojados por los especímenes

En primer lugar, el servicio prestado por los ingenieros del laboratorio tiene un costo monetario de Bs 3.800,00 por muestra a comprobar. Entonces, se realizaron las pruebas más esenciales para comprender el comportamiento del adhesivo con respecto a su gelado en un lapsus de tiempo anteriormente estimado. Entonces, se tomaron los días claves para el desencofrado de una losa, es decir, 14 días es tiempo suficiente para que el concreto obtenga una resistencia que pueda soportar la carga viva trasmitida por los trabajadores de una obra. De esta manera, el concreto fresco tiene un tiempo de fraguado de 28 días, es por eso que el adhesivo esta formulado específicamente para que su comportamiento este a la par de la resistencia del concreto.

En segundo lugar, los datos obtenidos de cada una de las muestras probadas demostraron que el adhesivo tiene un comportamiento similar al proceso de fraguado del concreto fresco, es decir, la adherencia adquirida va

acorde a la resistencia obtenida por el concreto con el transcurrir del tiempo. De igual forma, se observó que el adhesivo permite la transmisión de carga, la unión monolítica y elimina la permeabilidad en los materiales que serán adheridos por la interface generada en toda la sección donde fue empleado el adhesivo.

En resumen, el pegamento permitió una transferencia de carga entre el concreto fresco y el concreto ya fraguado, al pasar 28 días ambos tienen la misma resistencia del concreto y la posibilidad de que esta falle es ínfima, dado que, este fallara por cualquiera de los concretos pero no en la interface de la conexión. A continuación, se muestran las resistencias resultantes de las pruebas:

- El testigo1 mostró poseer una resistencia de 350 kgf/cm² a los 28 días de fraguado el concreto. (ver figura 21)
- El testigo 2 mostró poseer una resistencia de 230 kgf/cm² a los 14 días de fraguado el concreto. (ver figura 22)
- El testigo 3, para este caso la falla se presentó por el concreto con la menor resistencia, específicamente el testigo 2 obtuvo una resistencia de 230 kgf/cm² en la prueba anterior. Entonces, la resistencia obtenida al fallar el concreto con la menor resistencia a la compresión fue de 260 kgf/cm². (ver figura 23)

De acuerdo a los resultados arrojados por la prueba de compresión, se demostró que el adhesivo obtiene una resistencia mayor a la del concreto a los 14 días de fraguado, por lo cual, esto resulta en un hecho de gran relevancia dado que la falla se producirá por el concreto con menor resistencia y no en la conexión donde ambos concretos fueron adheridos.

Figura 21. Ensayo de compresión aplicado al testigo 1
Fuente: Autores (2023)

Figura 22. Ensayo de compresión aplicado al testigo 2
Fuente: Autores (2023)

Figura 23. Ensayo de compresión aplicado al testigo 3
Fuente: Autores (2023)

Figura 24. Resultados del testigo 3 luego de aplicar la prueba de compresión
Fuente: Autores (2023)

Por otra parte, se presenta un cuadro comparativo entre las especificaciones del puente de adherencia fabricado y el producto comercial expuesto en el mercado Sikadur®-32 Primer, especializados en el área de adherir concreto fresco a concreto ya fraguado, con el fin de demostrar los resultados arrojados por los ensayos aplicados en la presente investigación.

Tabla 10. Cuadro comparativo del producto fabricado y productos comerciales para adherir concreto fresco a concreto ya fraguado

Producto	Descripción	Usos	Características	Soporte de temperatura (°C)	Condición de almacenamiento	Tiempo de curado	Norma aplicada
Adhesivo fabricado	Es un adhesivo polivinílico de dos componentes que asegura una unión segura entre concreto fresco y concreto ya fraguado.	Como puente de adherencia para la unión de concreto fresco a concreto ya fraguado. Como ayuda a la adherencia de un mortero o concreto nuevo o reparación a un sustrato de concreto para lograr una unión permanente que no sea afectada, en condiciones de servicio, por la humedad o agentes agresores.	Insensible a la humedad. Excelente adherencia a superficies húmedas. Permite una transferencia de carga monolítica en los elementos adheridos. Fácil de aplicar. Altas resistencias mecánicas. No presenta contracción.	230°C	Mantener el producto en su envase original bien cerrado, en un lugar fresco y bajo techo.	Curado a los 28 días.	ASTM C 1059
Sikadur®-32 Primer	Es un adhesivo epóxico de dos componentes, libre de solventes. Garantiza una pega perfecta entre concreto fresco y endurecido.	Como puente de adherencia para la unión de concreto fresco a concreto endurecido. Como ayuda a la adherencia de concreto nuevo o de reparación a un sustrato de concreto. Para lograr una pega permanente que no sea afectada, en condiciones de servicio, por la humedad o agentes agresores. Como imprimante de alta adherencia para recubrimientos epóxicos sobre superficies de concreto absorbentes, húmedas o metálicas secas. Para rellenos. Como capa impermeable y barrera de vapor de agua en los casos que se requiera.	Insensible a la humedad. Excelente adhesión a superficies húmedas. Forma de barrera de vapor. Fácil de aplicar. Alta resistencia mecánica. Sin disolventes. Sin contracción. Disponible en dos versiones de curado (Normal y Lento).	40°C	Almacene el producto en su envase original bien cerrado, en lugar fresco y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.	A 20°C = máximo 9 horas A 30°C = máximo 6 horas A 40°C = máximo 3 horas	ASTM C-881-02

Fuente: Autores (2023)

4.5 Análisis de costo comparativo, sobre el pegamento fabricado y el producto expuesto en el mercado, utilizando el programa LuloWin

Para el cumplimiento de este objetivo, fue necesario analizar el costo del puente de adherencia fabricado con un contenido neto de 1 kg, con respecto al producto expuesto en el mercado, para encontrar el precio de comercialización de este producto. A continuación, se expresa en las siguientes figuras, la partida y el presupuesto del contenido:

Figura 25. Presupuesto de la fabricación de pegamento de contenido neto 1 kg

KORTEX

PRESUPUESTO

OBRA: FABRICACION DE PUENTE DE ADHERENCIA PARA UNIR CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO UTILIZANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

CONTRTANTE:

Fecha: 25/03/2024

PART Nº	DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL $
1	E-S/C FABRICACION DE 1 KG DE PUENTE DE ADHERENCIA PARA UNIR CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO UTILIZANDO MATERIALES DE BAJO COSTO	und	1,00	4,13	4,13
				Sub-Total	4,13
			IVA:	16%	0,66
				Total $:	4,79

Fuente: Autores (2023)

Figura 26. Partida de la fabricación de pegamento de contenido neto 1 kg

KORTEX

Fecha: 25-03-2024

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Partida N°: 1

Obra: FABRICACION DE PUENTE DE ADHERENCIA PARA UNIR CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO UTILIZANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

Cliente:

Código de Obra: FF10

Partida: FABRICACION DE 1 KG DE PUENTE DE ADHERENCIA PARA UNIR CONCRETO FRESCO A CONCRETO FRAGUADO UTILIZANDO MATERIALES DE BAJO COSTO

Codigo:	E-S/C	Unidad:	Cantidad:	Rendimiento:
		Und	1,00	300,00000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo $	% Desp.	total $
ACET	ACETATO DE POLIVINILO	g/n	0,03947	40,00	1,00	1,5788
ALCO	ALCOHOL POLIVINILICO	g/n	0,00263	19,00	1,00	0,0500
AGUA	AGUA	g/n	0,02368	1,00	1,00	0,0237
CMTO	CEMENTO PORTLAND GRIS	sc	0,01764	8,00	1,00	0,1411
REDIS	RDP REDISPERSIBLE POLYMER POWDER	kg	0,00400	8,00	1,00	0,0320
REC750	RECIPIENTE METALICO 1 kg	und	1,00000	1,00		1,0000
REC250	RECIPIENTE METALICO 1/4 kg	und	1,00000	0,25		0,2500
					Total Materiales:	3,076
					Unitario Materiales:	3,076

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Tarifa $	% Depr.	Total $
BLZA	BALANZA DIGITAL	1,00	5,00	0,00040	0,0020
ACCES	ACCESORIOS VARIOS	2,00	10,00	0,00060	0,0120
MZCLA	MEZCLADORA DE SOLIDOS CAPACIDAD 1 SC	1,00	630,00	0,00292	1,8371
BATID	MEZCLADORA DE LIQUIDOS CAPACIDAD 10 LTS	1,00	400,00	0,00141	0,5640
				Total Equipos:	2,4151
				Unitario Equipos:	0,0081

3.- MANO DE OBRA

Código	Descripción	Cantidad	Salario $	Total $
OBRERO1	OBRERO DE 1ERA	1,00	1,20	1,2000
AYUDAN	AYUDANTE	1,00	1,00	1,0000

	Total Mano de Obra:	2,2000
400,00%	Prestaciones Sociales:	8,8000
1,33%	/mes BONO DE ALIMENTACION:	2,6600
0,00%	/mes BONO DE ASISTENCIA:	0,0000
	Total Mano de Obra:	13,6600
	Unitario Mano de Obra:	0,0455
	Costo Directo por Unidad:	3,1292
15,00%	Administración y Gastos Generales:	0,4694
	Subtotal:	3,5985
15,00%	Utilidad e Imprevistos:	0,5398
	PRECIO UNITARIO:	4,1383

Desarrollado por: *Lulo Software C.A.*.

Para uso exclusivo de: ORIANA Y RAÚL

Fuente: Autores (2023)

A continuación, se presenta un cuadro comparativo (Ver tabla 11), el cual se elaboró a partir del análisis de precio obtenido en relación con el adhesivo fabricado y el costo del producto Sikadur®-32 Primer expuesto en el mercado, que cumplen con el propósito de adherir concreto fresco a concreto ya fraguado. Es importante resaltar, que, para la obtención del valor de cada uno de estos productos, se realizó una encuesta a diferentes locales encargados de la venta de los mismos, como por ejemplo la ferretería Feymaca, ubicada en la Av. José Antonio Anzoátegui, en Anaco. Esta encuesta, permitió obtener más información acerca del empleo, funcionamiento y cuál era el valor en cuanto a 1kg de contenido neto.

Por otra parte, para el cálculo de la fabricación del puente de adherencia se establecido únicamente su producción y ganancias como fábrica (4.79$), por lo cual, fue necesario añadir un 30% de ganancias al momento de comercializarlo, ya que, es lo que habitualmente los comercios aumentan para su precio en ganancias; esto con el propósito de comparar el valor real de cada producto disponible en las tiendas destinadas a venderlo con respecto a la unión del concreto fresco y el concreto ya fraguado.

Tabla 11. Cuadro comparativo del costo del adhesivo fabricado y el producto SIKA para adherir concreto fresco al concreto ya fraguado

Adhesivo	Contenido neto	Costo
Adhesivo fabricado	1kg	6.23$
Sikadur®-32 Primer	1kg	70.00$

Fuente: Autores (2023)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Luego de un estudio entre muchos materiales, se seleccionaron aquellos que contenían los requisitos necesarios para el producto: cemento, Redispersible Polymer Powder (RDP), acetato de polivinilo, alcohol polivinílico y agua.
- Se experimentó con 12 diferentes mezclas, eligiéndose la preparación compuesta por los porcentajes: cemento (74,999%), Redispersible Polymer Powder (0,004%), acetato de polivinilo (14,999%), alcohol polivinílico al 10% (9,999%) y agua, los cuales son los componentes de la mezcla (Mz F) como prototipo óptimo.
- Mediante el riguroso proceso de pruebas que incluyeron ensayo de humedad, prueba de temperatura y ensayo de compresión conforme a las normas ASTM C 1059 y ASTM C 1042, se constató que el prototipo Mz F cumplió satisfactoriamente con los estándares establecidos en las normativas vigentes.
- En relación con la evaluación de otros posibles usos del adhesivo, se comprobó su eficacia para la unión de diversos materiales, tales como: Madera con madera, madera con concreto ya fraguado, mármol con concreto ya fraguado, así como mármol con mármol y concreto ya fraguado con concreto ya fraguado. Se observó, que el tiempo de gelado para las diferentes mezclas, es considerablemente prolongado,

alcanzando hasta 14 días. Por esta razón, su aplicación debe ser en situaciones donde el tiempo de espera no sea un factor crítico.

- A través de un análisis de los resultados obtenidos con el adhesivo fabricado, se constató la eficiencia y economía que este provee al ostentar un valor 12 veces menor que el reflejado por sus competidores en el mercado.
- Para la selección del prototipo óptimo de las tres mezclas preseleccionadas (Mz C, Mz F y Mz I), se escogió en base a su rendimiento para espesores de 1 mm, teniendo la mezcla (Mz F) el resultado óptimo para superficies humedecidas como secas en un lapso de tiempo de 1 hora antes de la aplicación del concreto fresco.
- La ficha técnica del producto expuesto en el mercado (Sikadur®-32 Primer, Tipo II, Grado 2, Clase B y C), cumple con las normas ASTM C-881 y ASTM C-882. Este pegamento especifica que no se debe de usar en una temperatura mayor de 40 ºC. Igualmente, la vida de la mezcla aplicada en una superficie a temperaturas de 30 ºC, cuenta con un máximo de 30 minutos de trabajabilidad antes de aplicar el concreto fresco. El adhesivo fabricado pudo soportar temperaturas de 232 ºC sin perder sus propiedades adhesivas, además de contar con un máximo de 1 hora de trabajabilidad en temperaturas de 30 ºC antes de aplicar el concreto fresco, siendo estos indicadores de la superioridad del pegamento elaborado a la competencia antes mencionada.
- Las diferentes pruebas realizadas al adhesivo demostraron que este a los 14 días completo su gelación. Durante la prueba de compresión, el espécimen tres fallo por el concreto fresco y no en la interfaz adherida con el puente de adherencia. La resistencia del espécimen tres es mayor a la del espécimen dos, que cuenta con 14 días de fraguado y una altura de 30cm, al tener este mayor altura su resistencia a la

compresión es menor que la del espécimen tres que cuenta con una esbeltez de 15cm, en la unión de ambos concretos.

5.2 Recomendaciones

- Seleccionar los materiales de mayor calidad, favorece la excelencia del puente de adherencia elaborado, es de vital importancia conservar estos materiales y almacenarlos en condiciones recomendables para garantizar su integridad y eficacia al momento de ser usados para el producto.

- Mantener rigurosamente las proporciones indicadas es crucial para lograr una mezcla homogénea y equilibrada que cumpla con los estándares requeridos, es decir, respetar con precisión cada componente en los porcentajes especificados, garantizará la calidad y efectividad del producto fabricado.

- Humedecer la zona donde se empleará el puente de adherencia antes de su previa aplicación, es favorable, aunque el producto funciona eficazmente en superficies limpias y secas.

- Cumplir con la norma ASTM C 1059 en donde se establece un tiempo máximo de aplicación de una hora antes de vaciar el concreto fresco, es recomendable dado que, no se debe de exceder este tiempo para evitar la pérdida de trabajabilidad del producto una vez mezclado los compuestos sólidos y líquidos.

- Unir elementos que no estén considerados como concreto fresco es factible, si se dispone de un tiempo mínimo de una semana para su adherencia.

- Considerar la eficacia costo-beneficio de este producto lo convierte en una opción altamente favorable al tener un precio 12 veces menor que la competencia en el mercado.

- Fomentar en la institución la importancia de realizar otras investigaciones sobre puentes de adherencia entre concretos, con un tiempo de trabajabilidad mayor de una hora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, R. D. (2007). Uniones adhesivas estructurales en ingeniería. México: Chapman & Hall.

Arias, F. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme.

Annual Book of ASTM Standards. Concrete y agregates. ASTM C 150 (2007). Standard specification for Portland cement. Estados Unidos. ASTM International.

Annual Book of ASTM Standards. Concrete y agregates. ASTM C 881 (2012). Standard specification for epoxy-resin-base bonding systems for concrete. Estados Unidos. ASTM International.

Annual Book of ASTM Standards. Concrete y agregates. ASTM C 882 (2009). Standard test method for bond strength of epoxy-resin systems used with concrete by slant shear. Estados Unidos. ASTM International.

Annual Book of ASTM Standards. Concrete y agregates. ASTM C 1059 (2021). Standard specification for latex agents for bonding fresh to hardened concrete. Estados Unidos. ASTM International.

Balestrini, M. (2006). Como se elabora el proyecto de investigación. Caracas: Consultores asociados BL.

Barluenga, G. (2013). El uso de polímeros en elementos estructurales de base cemento. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, España.

Betancourt, S. (2017). Materiales para la construcción. México: Limusa.

Bonnet A. y Pérez (2023). Fabricación de pegamento con materiales de bajo costo, para instalar anclajes de acero estructural en concreto fraguado. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Oriente. Extensión Cantaura.

Bresler, B. (1981). Concreto reforzado en ingeniería: Materiales, elementos estructurales, medidas de seguridad. México: Limusa.

Chura, F. (2019). Influencia de la aplicación del puente de adherencia en el comportamiento monolítico de elementos estructurales. Trabajo de grado no publicado. Facultad de ingeniería. Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Cook, J. P. (1999). Selladores y adhesivos para construcción. México: Limusa.

Comisión venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 28. (2003). Cemento Portland. Especificaciones. Caracas: Fondonorma.

Freitas, A. y Macuare, M. (1998). Evaluación de morteros cementosos base látex vs. Sistemas epóxicos como puentes de adherencia entre concreto fresco y endurecido. Trabajo de grado no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

Gabalec, M. (2008). Tiempo de fraguado del hormigón. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, Centro de Investigaciones Viales.

Gierenz, G. y Karmann, W. (2001). Adhesivos y cintas adhesivas. Alemania: Wiley-VCH.

Gómez Domínguez, J. (2013). Materiales de Construcción. México: Trillas.

Guzmán, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Bogotá: Bhandar editores.

Harsem, T. (2005). Diseño de estructuras de concreto armado. Perú: Fondo Editorial Universidad Católica del Perú.

Huamán, Q. (2015). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio. Trabajo de grado no publicado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Madrid Vega, M. (2000). Seminario sobre adhesivos. Madrid: Loctite.

Neville, A. (1999). Tecnología del concreto. México: Trillas.

Oñoro, J. (2000). Adhesivos y uniones adhesivas. Revista de plásticos modernos, N° 614, pp. 128-133.

Petrie, E. M. (2007). Manual de adhesivos y selladores. Nueva York: McGraw-Hill handbooks.

Porrero, J.; Ramos, C.; Grases, J. y Velazco, G. (2009). Manual de concreto estructural. Caracas: Editorial Arte.

Rivva, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima: Editorial Aci Perú.

Rojas, C. (2021), Manual para la adherencia del concreto fresco a concreto endurecido. Trabajo de grado no publicado. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia.

Román, F. (2005). Evaluación de adherencia entre mortero fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos. Trabajo de grado no publicado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Tamayo, M. (2007). El proceso de investigación científica. México: Limusa.

Velásquez, E. y Zakhia, Y. (2021). Determinación de las propiedades del concreto a partir de la sustitución parcial de agregado fino por vidrio molido. Trabajo de grado no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

Vincent, M. Álvarez, S, y Zaragoza, J. (2006). Principales polímeros comerciales. Valencia: Editorial UPV.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Fabricación de un puente de adherencia para el anclaje de concreto fresco a concreto fraguado empleando materiales de bajo costo
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	**Código CVLAC /e-mail**	
Figuera Santoyo, Raúl Rafael	**CVLAC**	**30.038.273**
	e-mail	raul052001@gmail.com
	e-mail	
Flores Barrios, Oriana Rosamelia	**CVLAC**	**28.528.016**
	e-mail	orianarosamelia@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Adhesivo
Concreto
Resistencia
Mezcla
Puente de adherencia

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	**Ingeniería Civil**
Línea de investigación Materiales de construcción	

Resumen (abstract):

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo fabricar un adhesivo como puente de adherencia con materiales de bajo costo, para unir concreto fresco a concreto ya fraguado, siendo esta de tipo y diseño experimental. Con la finalidad de aplicar el adhesivo en estructuras ya culminadas que requieran la continuación de un elemento estructural como losas de techo, columnas y vigas, entre otros. Para la determinación de su correcto funcionamiento fue necesario realizar diversas pruebas, iniciando por el desarrollo de distintas mezclas con dosificaciones variadas, hasta encontrar la óptima para luego comprobar el comportamiento del adhesivo con respecto a temperatura y ambientes húmedos, todo esto usando como referencia la norma ASTM C 1059, siendo esta una guía para la correcta aplicación del adhesivo sobre la superficie del concreto ya fraguado. En definitiva, dentro del nivel de investigación es explicativa por el proceso de cada uno de los procedimientos alcanzados, donde se obtuvo que el pegamento fabricado cumple con la norma especificada. El mismo posee características superiores al mejor producto expuesto en el mercado Sikadur 32 primer, siendo su ventaja principal el soporte de altas temperaturas, su trabajabilidad en temperaturas de 30 Cº y la economía del producto por unidad de kg.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Álvarez, Jesús	**ROL**	**CA** **AS** **TU** **X** **JU**
	CVLAC	**4.510.362**
	e-mail	**alexcar2005@gmail.com**
	e-mail	
Serrano, Guillermo	**ROL**	**CA** **AS** **TU** **JU** **X**
	CVLAC	**22.874.376**
	e-mail	**gserranozeledon@gmail.com**
	e-mail	
Prado, Gabriela	**ROL**	**CA** **AS** **TU** **JU** **X**
	CVLAC	**18.594.213**
	e-mail	**gabrielaprado577@gmail.com**
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	**07**	**12**

Lenguaje: **SPA**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
AECTTG_FSRRFBOR2024	**Aplication/word**

Alcance:

Espacial
Temporal

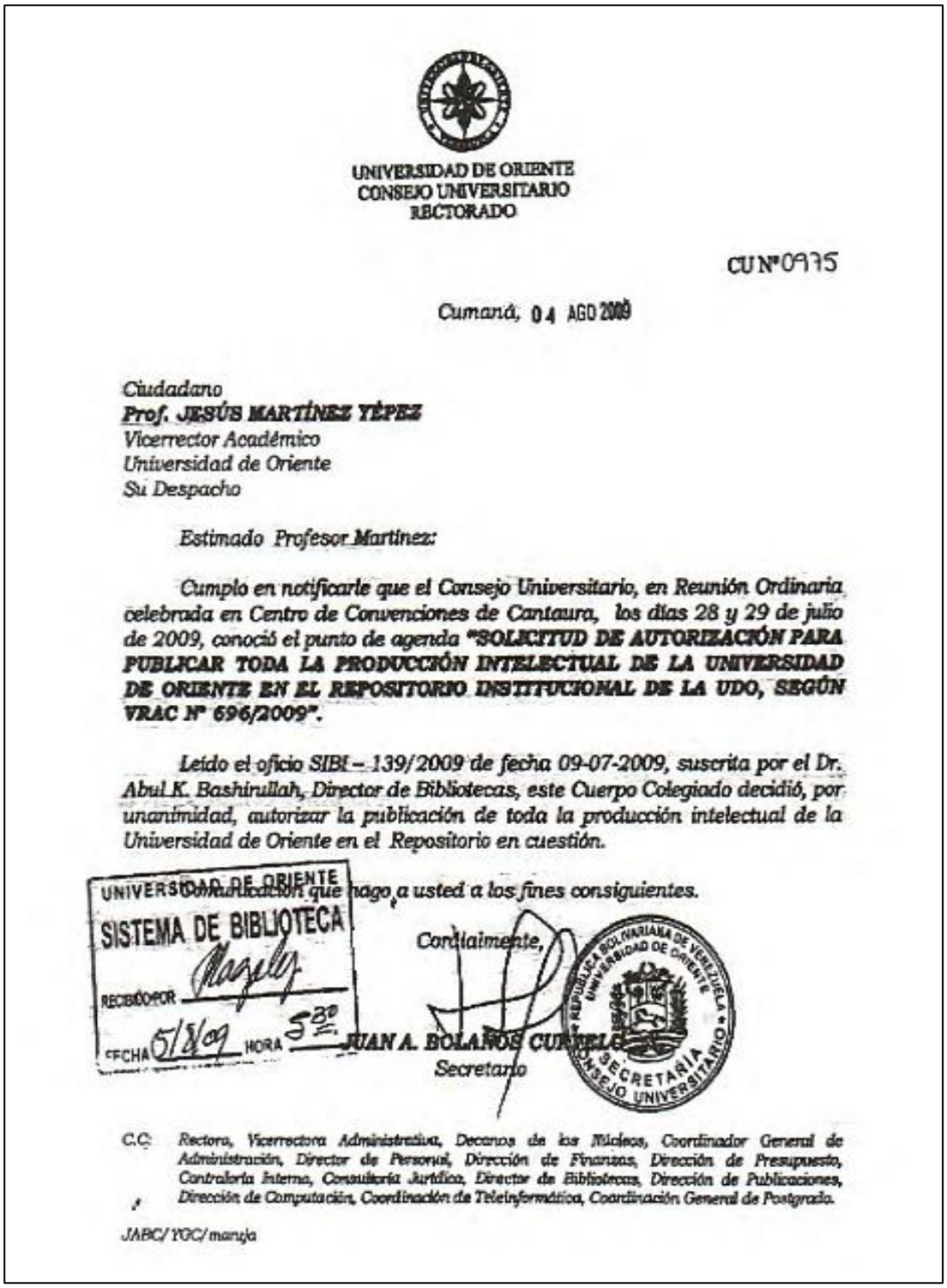
Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente Extensión Cantaura.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR
FECHA 5/8/09 HORA 5:30 p.m.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CURIEL
Secretario

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA · UNIVERSIDAD DE ORIENTE · SECRETARIA · CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C. Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

Derechos:

Articulo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

Figuera S., Raúl R.
AUTOR

Oriana

Flores B., Oriana R.
AUTOR

Prof. Jesús Álvarez
TUTOR