



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

INFLUENCIA DE PRODUCTOS ADHERENTES PARA
JUNTAS FRÍAS EN CONCRETO DE DIFERENTES
EDADES SOBRE SUS PROPIEDADES MECÁNICAS,
TRUJILLO, 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Juan Carlos Lau Agurto

Asesor:

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo – Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN**
la tesis desarrollada por el Bachiller **Juan Carlos Lau Agurto**,
denominada:

INFLUENCIA DE PRODUCTOS ADHERENTES PARA JUNTAS FRÍAS EN CONCRETO DE DIFERENTES EDADES SOBRE SUS PROPIEDADES MECÁNICAS, TRUJILLO, 2018

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
ASESOR

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
JURADO
Presidente

Ing. Alberto Ruben Vásquez Díaz
JURADO

Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena
JURADO

DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación, se lo
dedico principalmente a mis
queridos padres, quienes me apoyaron
constantemente para poder cumplir con
mis metas.*

*A nuestros docentes, que a lo largo
de nuestra vida universitaria me brindaron
sus conocimientos, los cuales me servirán
en mi desarrollo profesional.*

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme permitido
llegar hasta este punto y haberme dado salud,
ser el pilar de vida y darme lo necesario
para seguir adelante día a día para lograr mis
objetivos, además de su infinita bondad y amor.

De igual manera a mis padres
Lic. Nelson Lau Cheng y Lic. Marilú Agurto Lupu,
A mi hermano José Luis,
por haberme apoyado en todo momento,
por sus consejos, sus valores,
por la motivación constante que
me ha permitido llegar hasta este punto.

También un agradecimiento especial
a mi tía Miriam Agurto, mis tios Wilfredo y Freddy
que fueron como unos hermanos mayores
en mi formación a lo largo de mi vida.

A mi compañera Adriana Mendoza
que me brindo su ayuda en todo momento.

Enormemente agradecido con mi asesor de tesis y
Con el Ing. Albeto Vasquez Díaz representante
De la empresa Sika, que nos brindo el material
Para ser posible esta investigación.

RESUMEN

La presente investigación tiene la finalidad de evaluar el comportamiento de dos productos adhesivos que se utilizan en el mercado nacional para la unión de concreto de diferentes edades. Se han utilizado de base la normativa que brindan las especificaciones en las cuales se debe elaborar los especímenes y las condiciones que debó tener presentes.

Para el efecto, se adquirió los materiales los cuales fueron analizados para conocer sus propiedades, de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas, en cuanto al diseño de mezcla se procedió de acuerdo a la Norma ACI 211 con una relación de agua/cemento de 0.558.

Con la orientación del especialista en la materia, se elaboró 70 probetas en las cuales se evaluó un concreto estructural de $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Extraforte Ico y con agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " , se unió el concreto con 2 marcas de adhesivos del mercado nacional (Sikadur 32gel, Chema epox Adhesivo 32), se ensayó a distintas edades cilindros de concreto, se clasificó el adhesivo en tipo V (para uso en aplicaciones con carga para unir el concreto recién mezclado al concreto endurecido) bajo la norma ASTM C 881 (Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto). Se aplicó el producto cumpliendo los estándares de las fichas técnicas de cada producto. Los ensayos que se realizaron fueron: Resistencia a la compresión (ASTM C 39), resistencia a la tracción indirecta (ASTM C 496) y resistencia a la adherencia (ASTM C 882).

Se empleó moldes cilíndricos de material P.V.C (policloruro de vinilo), con un diámetro de 3", se tuvo en cuenta la forma y tamaño que brinda la norma ASTM C882. Se formó la primera parte de los cilindros con las características especiales anteriormente mencionadas, luego de un número de días se aplicó el epóxico y se completó el cilindro. Cabe mencionar que cuando se evaluaron las propiedades mecánicas el concreto endurecido tenía 28 días, y la otra parte 7 y 14 días.

Los resultados se contrastaron con cilindros monolíticos (patrón), los cuales brindan una relación referencial de la conducta que se espera que las probetas sostengan.

Los testigos de concreto de diferentes edades (14 y 28 días) con adhesivo Sikadur 32 gel presentaron una mejora en la resistencia a la compresión y adherencia de hasta un 9.56% con respecto a los testigos monolíticos de 28 días y en tracción estos testigos llegaron a comportarse igual a los monolíticos.

ABSTRACT

The present investigation has the purpose of evaluating the behavior of the adhesive products that are used in the national market for the union of concrete of different ages. The regulations that provide the specifications in which the specimens should be prepared and the conditions that must have been present have been used as a basis.

For this purpose, the materials were acquired, which were analyzed to know their properties, in accordance with the Peruvian Technical Standards, as far as the design of the mixture was carried out according to the ACI 211 Standard with a water / cement ratio of 0.558.

With the guidance of the specialist in the field, 70 specimens were prepared in which a structural concrete of $f_c' = 210 \text{ kg / cm}^2$ made with Extraforte Ico cement was evaluated and with coarse aggregate of maximum nominal size of $\frac{1}{2}$ ", the concrete was joined with 2 brands of adhesives of the national market (Sikadur 32gel, Chema epox Adhesive 32), it was tested at different ages concrete cylinders, the adhesive was classified in type V (for use in applications with load to join the freshly mixed concrete to the hardened concrete) under ASTM C 881 (Standard test method for bond strength in epoxy systems based on resin used with concrete). The product was applied complying with the standards of the technical specifications of each product. The tests that were carried out were: Compression resistance (ASTM C 39), indirect tensile strength (ASTM C 496) and adhesion strength (ASTM C 882).

It was used cylindrical molds of material P.V.C (polyvinyl chloride), with a diameter of 3 ", took into account the shape and size provided by the ASTM C882 standard. The first part of the cylinders with the special characteristics mentioned above was formed, after a number of days the epoxy was applied and the cylinder was completed. It should be mentioned that when the mechanical properties were evaluated, the hardened concrete had 28 days, and the other part 7 and 14 days.

The results were contrasted with monolithic cylinders, which provide a referential relationship of the behavior that the specimens are expected to hold.

The concrete witnesses of different ages (14 and 28 days) with Sika adhesive presented an improvement in the resistance to compression and adhesion of up to 9.45% with respect to monolithic witnesses of 28 days and in traction these witnesses came to behave the same to the monolithics.

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Justificación	16
1.4. Limitaciones.....	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.1.1. Concreto	26
2.1.1.1. Definición.....	26
2.1.1.2. Características.....	26
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS	51
3.1. Formulación de la hipótesis	51
3.2. Operacionalización de variables	51
3.2.1.2. Variable Dependiente:	51
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	53
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	53
4.2. Material.....	53
4.2.1. Unidad de estudio.	53
4.3. Métodos y Procedimientos.....	56
4.3.1. Procedimientos	56
4.3.2. Materia prima	57
4.3.3. Clasificación de agregados	57
4.3.4. Diseño de Mezcla (ACI 211).....	66
4.3.5. Ensayo de las probetas endurecidas.....	70
4.3.6. Métodos y procedimiento de análisis de datos	72
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	74
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Composición Química del Cemento Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2014)	28
Tabla 02 Compuestos principales del Cemento Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2014)	28
Tabla 03 Composición típica de los cementos Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2015)	29
Tabla 04 Operacionalización de la variable dependiente (Elaboración propia)	52
Tabla 05 Muestra, Antecedente Universidad Nacional de Cajamarca (2013)	53
Tabla 06 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)	54
Tabla 07 Cuadro de Variables (Elaboración propia)	54
Tabla 08 Número total de probetas (Elaboración propia)	54
Tabla 09 Esquema del análisis granulométrico fino (Elaboración propia)	58
Tabla 10 Límites granulométricos del agregado fino (NTP 400.018/ ASTM C33)	58
Tabla 11 Esquema del análisis granulométrico del agregado grueso	59
Tabla 12 Límites del análisis granulométrico del agregado grueso	60
Tabla 13 Esquema del contenido de humedad de los agregados	61
Tabla 14 Esquema del volumen del molde de peso unitario	62
Tabla 15 Esquema de peso unitario suelto y compactado de los agregados	62
Tabla 16 Esquema de peso específico y absorción del agregado fino	64
Tabla 17 Esquema de peso específico y absorción del agregado grueso	65
Tabla 18 Asentado según el tipo de construcción (ACI 211)	66
Tabla 19 Consideraciones según el TM del agregado	66
Tabla 20 Elección del agua de mezcla según el TMN y el asentamiento	66
Tabla 21 Contenido de aire en el concreto según TMN (ACI 2011)	67
Tabla 22 Esfuerzo a compresión corregida según los índices de seguridad	67
Tabla 23 Relación agua/cemento según el esfuerzo a compresión	67
Tabla 24 Peso volumétrico del agregado según el MF y TMN	68
Tabla 25 Diseño de mezcla por m ³ y porcentaje	69
Tabla 26 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)	74
Tabla 27 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)	74
Tabla 28 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)	75
Tabla 29 Propiedades de los agregados (Elaboración propia)	75
Tabla 30 Resistencia a la compresión obtenida (Elaboración propia)	75
Tabla 31 Resistencia a la adherencia obtenida (Elaboración propia)	76
Tabla 32 Resistencia a la tracción obtenida (Elaboración propia)	76
Tabla 33 Tabla de elección de prueba estadística (Hipótesis "A") (Elaboración propia)	77

Tabla 34 Tabla de Normalidad (Hipótesis "A") (Elaboración propia)	78
Tabla 35 Igualdad de varianzas (prueba de Levene) (Hipótesis "A") (Elaboración propia)	78
Tabla 36 Prueba T student (Hipótesis "A") (Elaboración propia)	78
Tabla 37 Tabla de Normalidad (Hipótesis "B") (Elaboración propia)	79
Tabla 38 Igualdad de varianzas (prueba de Levene) (Hipótesis "B") (Elaboración propia)	79
Tabla 39 Prueba T student (Hipótesis "B") (Elaboración propia)	79
Tabla 40 Evaluación económica de las alternativas (Elaboración propia)	79
Tabla 41 Tabla de la caracterización del agregado fino (Elaboración propia)	80
Tabla 42 Tabla de la caracterización del agregado grueso (Elaboración propia)	83
Tabla 43 Tabla del volumen del molde para peso unitario suelto y compactado (Elaboración propia)	98
Tabla 44 Tabla del ensayo de peso unitario y compactado del agregado fino (Elaboración propia)	98
Tabla 45 Tabla del ensayo de peso unitario suelto y compactado grueso (Elaboración propia)	99
Tabla 46 Medidas estadísticas para peso unitario suelto y compactado de los agregados (Elaboración propia)	99
Tabla 47 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (Elaboración propia)	100
Tabla 48 Medidas estadísticas para peso específico y absorción del agregado fino (Elaboración propia)	100
Tabla 49 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso (Elaboración propia)	101
Tabla 50 Medidas estadísticas para peso específico y absorción del agregado grueso (Elaboración propia)	101
Tabla 51 Ensayo de contenido de humedad de los agregados (Elaboración propia)	102
Tabla 52 Medidas estadísticas para contenido de humedad de los agregados (Elaboración propia)	102
Tabla 53 Granulometría del agregado grueso	103
Tabla 54 Granulometría del agregado fino (arena gruesa) (Elaboración propia)	104
Tabla 55 Resultado a compresión de testigos de concreto a 7 días de curado (Elaboración propia)	105
Tabla 56 Resultado a compresión de testigos de concreto a 14 días de curado (Elaboración propia)	105
Tabla 57 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 días de curado (Elaboración propia)	105
Tabla 58 Medidas estadísticas de la resistencia a la compresión de cilindros monolíticos (Elaboración propia)	105
Tabla 59 Resultado a tracción de testigos de concreto a 7 días de curado (Elaboración propia)	106
Tabla 60 Resultados a tracción de testigo de concreto a 14 días de curado (Elaboración propia)	106
Tabla 61 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 días de curado (Elaboración propia)	

.....	106
Tabla 62 Medidas estadísticas de la resistencia a la compresión de cilindros monolíticos (Elaboración propia)	106
Tabla 63 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)	107
Tabla 64 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)	107
Tabla 65 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)	107
.....	107
Tabla 66 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 14 de curado (Elaboración propia)	107
.....	107
Tabla 67 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)	108
Tabla 68 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)	108
Tabla 69 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)	108
Tabla 70 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)	108
Tabla 71 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 días y 7 días de curado (Elaboración propia)	109
Tabla 72 Resultados a compresión de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)	109
Tabla 73 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)	109
.....	109
Tabla 74 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 días y 14 días de curado (Elaboración propia)	109
Tabla 75 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)	110
Tabla 76 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)	110
Tabla 77 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)	110
Tabla 78 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)	110
Tabla 79 Tipos de falla de especímenes a compresión (Elaboración propia)	111
Tabla 80 Leyenda de especímenes a compresión (Elaboración propia).....	111
Tabla 81 Tipos de falla de especímenes a compresión (Elaboración propia)	112
Tabla 82 Leyenda de especímenes a tracción (Elaboración propia).....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01 Gráfica de la resistencia a la compresión de 140 kg/cm ² (Archila, 2007).....	20
Figura N°02 Gráfica de la resistencia a la compresión de 210 kg/cm ² (Archila, 2007).....	20
Figura N°03 Gráfica de la resistencia a la compresión de 350 kg/cm ² (Archila, 2007).....	21
Figura N°04 Experimento de cilindros con junta fría (Torres, 2016).....	22
Figura N°05 Forma en que se cargan los cilindros (Torres, 2016).....	23
Figura N°06 Disminución de la resistencia a compresión debido a junta fría diagonal en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016).....	23
Figura N°07 Disminución de la resistencia a compresión debido a junta fría horizontal en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016).....	24
Figura N°08 Disminución de la resistencia a la tracción indirecta debido a junta fría vertical en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016).....	24
Figura N°09 Cemento Tipo Ico. Fuente: (Cementos Pacasmayo, 2018).....	30
Figura N°10 Esquema básico de la unión adhesiva (Román).....	35
Figura N°11 Modelo de adhesión mecánica (Román).....	38
Figura N°12 Teoría de la difusión (Román).....	39
Figura N°13 Teoría Eléctrica (Román).....	39
Figura N°14 Requerimiento en uniones adhesivas (Román).....	40
Figura N°15 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Ruiz, 2008).....	45
Figura N°16 Tipos de falla en probetas de concreto (ASTM 39).....	46
Figura N°17 Esquema típico de la probeta bajo ASTM C882.....	47
Figura N°18 Esquema típico del ensayo de tracción indirecta (ASTM C496).....	48
Figura N° 19 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Urrutia, 2011).....	50
Figura N°20 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Urrutia, 2011).....	50
Figura N°21 Probetas para ensayo a compresión y tracción indirecta Monolíticas.....	55
Figura N°22 Probetas para ensayo a compresión y tracción indirecta conformadas en dos secciones (Elaboración propia).....	55
Figura N°23 Curva granulométrica del agregado fino (Elaboración propia).....	81
Figura N°24 Curva granulométrica del agregado grueso (Elaboración Propia).....	83
Figura N°25 Proceso de endurecimiento del concreto (Elaboración propia).....	86
Figura N°26 Resistencia a la compresión en cilindros monolíticos (Elaboración propia).....	87
Figura N°27 Comparación de la resistencia a la compresión en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración propia).....	88
Figura N°28 Figura esquemática de la hidratación del cemento (Valencia, 2013).....	89
Figura N°29 Figura esquemática de la unión del concreto (Cementos Pacasmayo, 2015).....	89
Figura N°30 Comparación de la resistencia en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración propia).....	90

Figura N°31 Figura esquemática de la adhesión de las juntas frías en concreto (Román, 2017) ..	90
Figura N°32 Diagrama de esfuerzos axiales en juntas frías en concreto (Torres, 2016)	91
Figura N°33 Comparación de la resistencia a la compresión en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración Propia).....	92
Figura N°34 Análisis granulométrico de los agregados	117
Figura N°35 Contenido de la humedad de los agregados	117
Figura N°36 Fabricación de moldes de probetas y de acoplamiento para tracción indirecta.....	118
Figura N°37 Elaboración de mezcla de concreto para muestras.....	118
Figura N°38 Aplicación de los productos adherentes	119
Figura N°39 Productos adherentes aplicados en la mitad del concreto a 28 días	119
Figura N°40 Curado de probetas	120
Figura N°41 Probetas de concreto para ensayos	120
Figura N°42 Ensayo de resistencia a la compresión	121
Figura N°43 Ensayo de resistencia a la tracción	121
Figura N°44 Ensayo de resistencia a tracción	122
Figura N°45 Análisis de probetas después de ensayos	122

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, el incremento de edificaciones ha contribuido notablemente con el desarrollo urbanístico y económico. Sin embargo, construir en estos tiempos resulta costoso, lo que ocasiona que la mayoría de edificaciones se elaboren en varios periodos, lo que conduce a que el concreto tenga una junta fría y la estructura tienda a no comportarse como lo diseñado (Teran,2012).

Actualmente, el último análisis mundial del Sector Construcción, pronostica que a largo plazo la producción mundial aumentará en un 85% hasta el 2030, potenciado principalmente por países desarrollados como China, India y Estados Unidos, los cuales simbolizan un 57% (Saez, 2016).

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 el desempeño estructural y a sus resistencias mecánicas a partir de la disminución de las características esfuerzo deformación del sistema (Harsem, 2005).

Al hablar de junta fría, Zegarra (2008) sostiene lo siguiente:

Las juntas frías se producen generalmente cuando se interrumpe la producción y colocación del concreto por un período de tiempo tal, que el mismo inicia el proceso de fraguado antes de que el proceso de mezclado continúe. También puede producirse por causas de fuerza mayor como por ejemplo debido a fallas en los equipos, condiciones climáticas desfavorables, retraso en el llegada del concreto premezclado, entre otros.

Una de las soluciones más comunes en Europa hoy en día contra las juntas frías son los adhesivos epóxicos, pero se carece de investigaciones nacionales que puedan garantizar el uso de este material. (Valencia, 2013).

En Perú, principalmente en el área de la construcción, a menudo pueden encontrarse obras en las cuales es necesario el uso de ciertos adhesivos. Se podría decir que los adhesivos han sido utilizados por la humanidad desde tiempos remotos, dada la necesidad de juntar o unir diferentes tipos de materiales. (Valencia, 2013)

En los últimos años, en el Perú, se ha incrementado la actividad del sector construcción principalmente por programas de vivienda los cuales son promovidos por el estado y a la gran inversión de empresas privadas, ya sea nacionales o extranjeras. Sin embargo, este crecimiento no ratifica que las construcciones hayan alcanzado un nivel óptimo. En las construcciones durante la etapa de concepción, diseño y especialmente en la etapa de construcción, existen dificultades que producen pérdidas económicas, y un problema cotidiano son las juntas frías, las cuales afectan directamente a la resistencia de la estructura, por lo que diferentes empresas nacionales e internacionales proponen el uso de adhesivos epóxico para devolverle el monolitismo a la edificación. Actualmente para combatir este fenómeno el tratamiento más común desarrollado en la práctica constructiva es picar la base y retirar las partículas débiles, posteriormente aplicar lechada

antes de vacear el nuevo concreto. Existen diferentes procesos en los cuales se aplican estos productos, uno de ellos es cuando se desea vincular pilotes con zapatas o cabezales, cuando se desea realizar sistema de muros estructurales en dos direcciones, reparaciones o modificaciones en general (Archila, 2007).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en los últimos 20 años, la construcción en la ciudad de Trujillo ha percibido un gran incremento y, por ende, el crecimiento económico del sector se ha visto elevado notablemente, factor que no solo fomenta la construcción de nuevas edificaciones sino también, el reacondicionamiento de las ya existentes. Como ejemplo de este caso, tenemos que, en los distritos de Trujillo, las personas que mejoran sus ingresos y desean construir unos niveles más en sus viviendas, se le pueden generar daños al vacear concreto a diferentes edades, y este es un problema que se presenta no solamente las construcciones antiguas, sino también en las modernas.

Según el ingeniero Gustavo Archila (2007) en su trabajo de investigación indico que la adhesión mecánica entre el concreto y el aditivo depende directamente de la rugosidad del material. Menciona que la orografía superficial del sustrato provoca que la zona de contacto real entre los dos materiales sea de buena resistencia.

La disminución de la resistencia máxima del sistema depende de factores como inclinación de la junta fría, tiempo de formación de la junta fría y relación de la inclinación de la junta fría con la dirección del estado de esfuerzos (Wall y Shrive, 1988; Rathi y Kolase, 2013; Tapkire y Kumavat, 2015).

Dicha disminución de las propiedades mecánicas debido a la presencia de la junta fría puede comprometer la integridad estructural de la edificación (Volz y Olson, 2008).

Por consiguiente, el daño a la infraestructura causado por la junta fría a causa del vaceado a destiempo representa una amenaza latente para las características estructurales de las edificaciones, especialmente, para la integridad de los que las habiten; lo cual nos lleva a buscar una solución cuya eficiencia resulte favorable para los constructores y dueños de las viviendas, en este caso una alternativa viable es la utilización de adhesivos epóxicos para uniones de concreto.

En nuestro país existen diversas distribuidoras de aditivos epóxicos para el concreto tales como Sika, Chema, Z aditivos, Basf, Química Suiza, entre otros. Estas empresas son las más conocidas en el mercado. Estas empresas proponen que al utilizar el adhesivo en el concreto generan grandes incrementos de resistencias mecánicas. (Campos, 2015).

El ingeniero Ezequiel Campos (2015) en su trabajo de investigación acerca de los aditivos informa que Sika y Chema son las empresas de mayor prestigio en tanto la fabricación y distribución de los productos aditivos en este país.

La primera de ellas es una empresa reconocida a nivel mundial, el Austriaco Kaspar Winkler impulsado por un espíritu emprendedor fundo la empresa en Suiza en 1910, veinte años más tarde sus productos se comercialicen por Europa, EE.UU, Argentina, Brasil y Japón. Hoy en día son distribuidos en todo el mundo y forma parte de las principales marcas en el mercado. (Sika, 2018)

La segunda de ellas es la empresa pionera en el Perú, fue fundada por Fernando Maggi en 1968 desde entonces Chems Marters del Perú es protagonista y líder en su rubro, en su trayectoria ha recibido el premio a la Innovación Tecnológica otorgado por CAPECO (cámara peruana de construcción), premio a la empresa peruana del año, 5 años consecutivos. En la actualidad cuenta con 5 plantas a nivel nacional. (Chema Perú, 2018).

De acuerdo con la arquitecta Rosario Maggi (2017) representante de Chema Perú nos dice que con los adhesivos epóxicos se puede conseguir darles el monolitismo a las estructuras y alcanzar las resistencias con las cuales fueron diseñadas en un inicio por el ingeniero proyectista.

Al emplear adhesivo epóxico para pegar concreto de diferente tiempo de fraguado, este aumenta las resistencias mecánicas del concreto y genera un elemento estructural óptimo, ya que es muy importante buscar soluciones a este problema mundial generado por el vaceado a destiempo en el proceso de ejecución de las obras. *Fuente: Autor (2017).*

El uso de este aditivo cada día es más empleado en el Perú, empresas como GRAÑA Y MONTERO S.A, CORRBUS S.A.C, COSAPI S.A, entre otras, tienen una visión de mejorar las propiedades del concreto y reducir los daños en las estructuras de las construcciones, sabiendo que al utilizar adhesivos epóxicos se consigue un aumento de las resistencias, óptimas construcciones y una garantía de edificaciones de calidad. (Campos, 2015).

La aplicación de estos aditivos es la mejor solución en lo que respecta a mejorar la productividad y reducir los daños, ya que sin el uso de estos aditivos el número de construcciones que presenten incumplimientos en las estructuras irán aumentando conforme pase el tiempo, ocasionando incrementos en los daños y elevados costos de mano de obra para las reparaciones, lo cual es desfavorable no solo para las empresas sino también para la población.

Por estos motivos es que como ingeniero civil me propongo a estudiar las diferentes propiedades que mejora los aditivos epóxicos en el concreto, el cual es el material más utilizado en el sector construcción de nuestro país.

12. Formulación del problema

¿De qué manera influye el uso de los productos adherentes para las juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas?

13. Justificación

En el Perú el avance en la construcción cada día se incrementa notablemente, la Dirección General de Programas y Proyectos en Construcción y Saneamiento (DGPPCS), ha brindado financiamiento a diversos proyectos y es responsable de gestionar, coordinar, promover y hacer el seguimiento de la ejecución de las acciones y desarrollo de los programas y proyectos en materia de construcción (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015).

En el Perú, el uso y aplicación de los aditivos ha conseguido ser clave en la elaboración y proceso del concreto, la presente investigación contribuye al conocimiento sobre las resistencias finales de los concretos elaborados o procesados con aditivos epóxicos, buscando satisfacer las diferentes necesidades que se presentan día a día en las construcciones, enfocándose en la inclusión de otros materiales para mejorar las propiedades requeridas. Así mismo, se muestra información sobre el uso de los aditivos epóxicos estructurales, 2 de diferentes empresas dedicadas a este rubro como son SIKA y CHEMA las cuales son las más prestigiosas en el mercado de la construcción, según Ezequiel Campos (2015) en su trabajo de investigación sobre aditivos. Además, se informa sobre el efecto que contribuyen estos aditivos en un concreto convencional elaborado con una piedra de ½" y cemento Tipo Ico el cual es utilizado en la construcción de elementos estructurales y de Marca Pacasmayo porque es una de las empresas más importantes del país, según ASOCEM (Asociación de productores de cemento, 2018).

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 el desempeño estructural a partir de la disminución de las características esfuerzo deformación del sistema (Harsem, 2005).

En la vida cotidiana en nuestro país se requiere mejorar las propiedades del concreto u otras alternativas que produzcan un beneficio (Valencia, 2013), por tanto, este proyecto se realiza con el fin de evaluar el impacto que genera la adición de los aditivos epóxico como puente adherente de dos concretos con diferente tiempo de fraguado sobre su adherencia, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción.

En la ciudad de Trujillo los adhesivos epóxicos no son muy utilizados, esto se debe al poco conocimiento de la influencia de estos sobre el concreto elaborado con un cemento comercial de la presente ciudad, por ello se pretende usar aditivos de fácil acceso en el Perú para ver las mejoras en el concreto y de esta manera obtener información más relevante para el alcance de las personas, empresas y entidades. (Paredes, Reyes, 2015).

Gracias al avance de la industria química en el mundo, los aditivos se han incorporado de manera adecuada y eficaz en el concreto, y con ello se puede encontrar un sin número de productos en los cuales la mayoría cumplen con diferentes necesidades para el uso requerido. (Lara, 2018).

Por ello los resultados de la presente investigación, proporcionará a los constructores y empresas en general la capacidad de tener un mayor criterio en cuanto a la elección de un aditivo epóxico y la proporción adecuada para su correcto uso, por lo que repercutirá en beneficio del constructor, propietario y construcción en general, ya que permitirá la más rentable y eficiente utilización de los aditivos epóxicos en el concreto para un mejor rendimiento de la obra. Obteniendo a la vez que las empresas constructoras que se desarrollan tanto en el ámbito privado como público se beneficien obteniendo calidad para la obra, ya que utilizando estos aditivos epóxicos las estructuras, tendrán un comportamiento monolítico, produciendo rápidas resistencias y alcanzando altas resistencias finales contribuyendo así un gran aporte no solo social o económico sino también al sector construcción.

También contribuirá a un mejor desarrollo infraestructural del país, superando los problemas que generan las juntas frías que tanto afecta a la mayoría de proyectos de inversión pública.

La investigación otorga un aporte a todas las personas interesadas en el uso de aditivos en las construcciones, además facilitará información a futuros tesis que realicen investigaciones en el campo de la construcción. Teniendo en cuenta que, al utilizar aditivos epóxicos, se producen construcciones más eficientes y rápidas, obteniendo un mayor desarrollo de la ciudad de Trujillo.

14. Limitaciones

- Los moldes para los ensayos requeridos no son comerciales, así que se procederá a fabricarlos manualmente.
- Escaso material de antecedentes en el tema de adhesivo epóxico.

15. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la influencia de los productos adherentes para las juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización de los agregados
- Formular el correcto diseño de mezcla, haciendo uso del método ACI 211.
- Ensayar las probetas con los adhesivos de las diferentes empresas.
- Evaluar la resistencia a la compresión, bajo las normas ASTM C39.
- Medir la adherencia, basado en la norma ASTM C882.
- Determinar la resistencia a la tracción, aplicando el método brasilero ASTM 496.
- Conocer la reacción entre la resina y el catalizador.
- Determinar el adhesivo con mejores propiedades.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Título: “EVALUACIÓN SOBRE LA ADHERENCIA DE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO CON DOS TIPOS DE EPÓXICOS”

Archila O. (2007), Universidad San Carlos de Guatemala en su investigación evalúa dos tipos de epóxicos que se utilizan en el mercado para la unión de concreto nuevo con concreto viejo. Se han utilizado de base, las normas que nos proporcionan las especificaciones en las cuales debemos basar la elaboración de las probetas, y las diferentes condicionantes que debemos tomar en cuenta.

Se están tratando de evaluar las propiedades mecánicas de la unión misma entre concretos, la primera norma tomada en consideración es la ASTM C-1059, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto viejo con concreto nuevo), se refiere a la utilización de agentes látex y cabe mencionar, que esta norma no rige el ensayo para adherencia del tipo estructural que es lo que se pretende evaluar en este trabajo, de modo que, para ello debemos avocarnos a la norma ASTM C-881, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas), que es la que se refiere al método que cubre la determinación del sistema a base de resinas epóxicas, su manipulación, aplicación y el cuidado que se debe tener al manejarlas.

Para la elaboración de la probeta se debe referir a la norma ASTM C-882, (Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto.), esta norma proporciona datos específicos de las dimensiones que debe guardar el espécimen.

El procedimiento que se siguió comienza con la elaboración de las probetas utilizando tubos de P.V.C. de tres pulgadas de diámetro, tomando en consideración las dimensiones que exige la norma para la forma y tamaño del espécimen. Se fundió la primera parte de los cilindros con la forma ya mencionada, cabe mencionar que la prueba se realizó con un concreto viejo de 28 días de edad al que se le aplicó el epóxico y luego se colocó concreto fresco para completar el cilindro.

Este procedimiento fue realizado para tres tipos de concreto como lo son el concreto de baja resistencia 140 kg/cm² (2000 psi), concreto estructural 210 kg/cm² (3000 psi) y de alta resistencia 352 kg/cm² (5000 psi), los cuales fueron ensayados a 7, 14 y 28 días para tener un registro de la evolución del concreto. Los resultados son comparados con cilindros patrón, los cuales nos proporcionan una referencia directa del comportamiento que se espera que los especímenes mantengan.

Al terminar la investigación se obtuvo sus gráficas se obtuvo que el adhesivo tipo S presentó una mejor adherencia que el tipo A y que las probetas de contrastación, concluyendo que con el uso de un adhesivo de calidad se puede tener una unión resistente.

Para un concreto de $f_c' = 140 \text{ kg/cm}^2$ y $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$ aumento su adherencia hasta en un 16%, en concreto de $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$ se mantuvo igual a las probetas de contrastación.

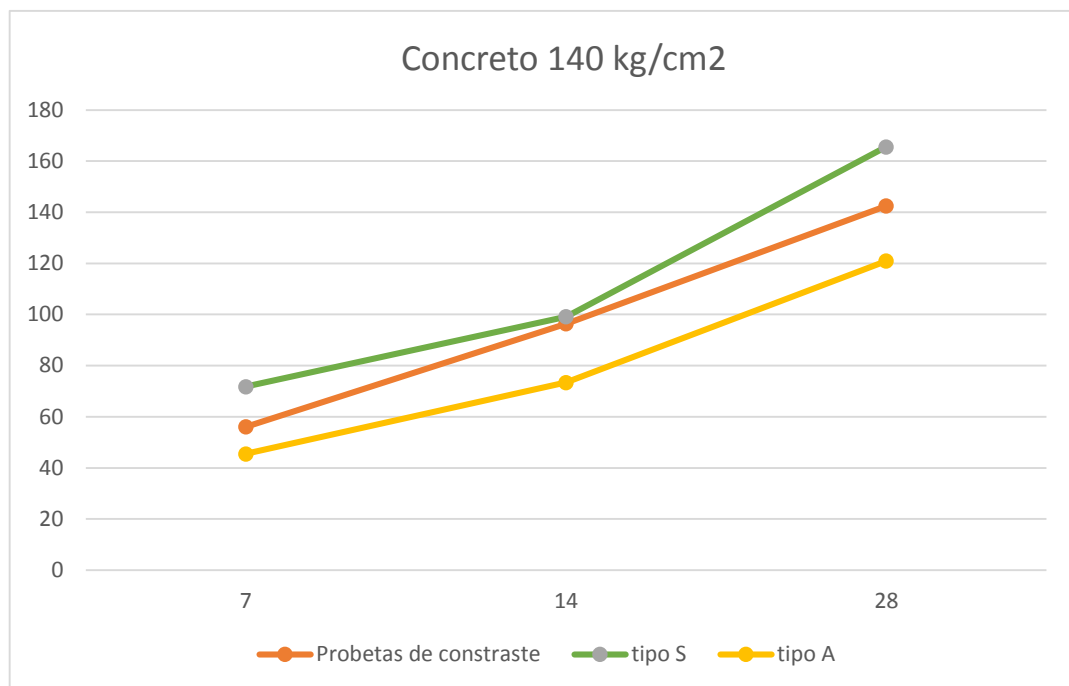


Figura N°01 Gráfica de la resistencia a la compresión de 140 kg/cm² (Archila, 2007)

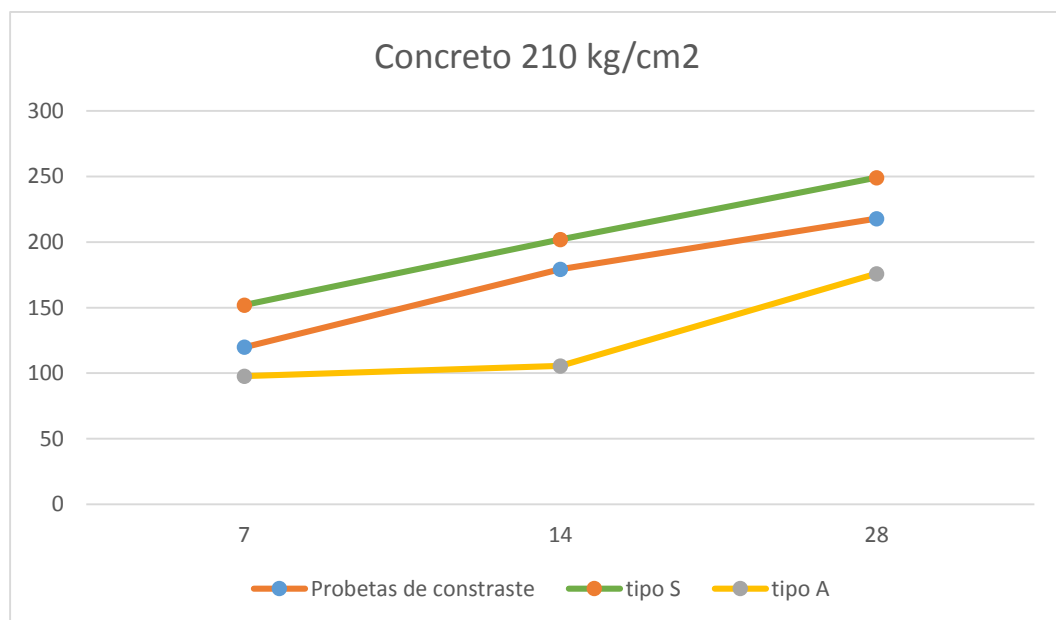


Figura N°02 Gráfica de la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² (Archila, 2007)

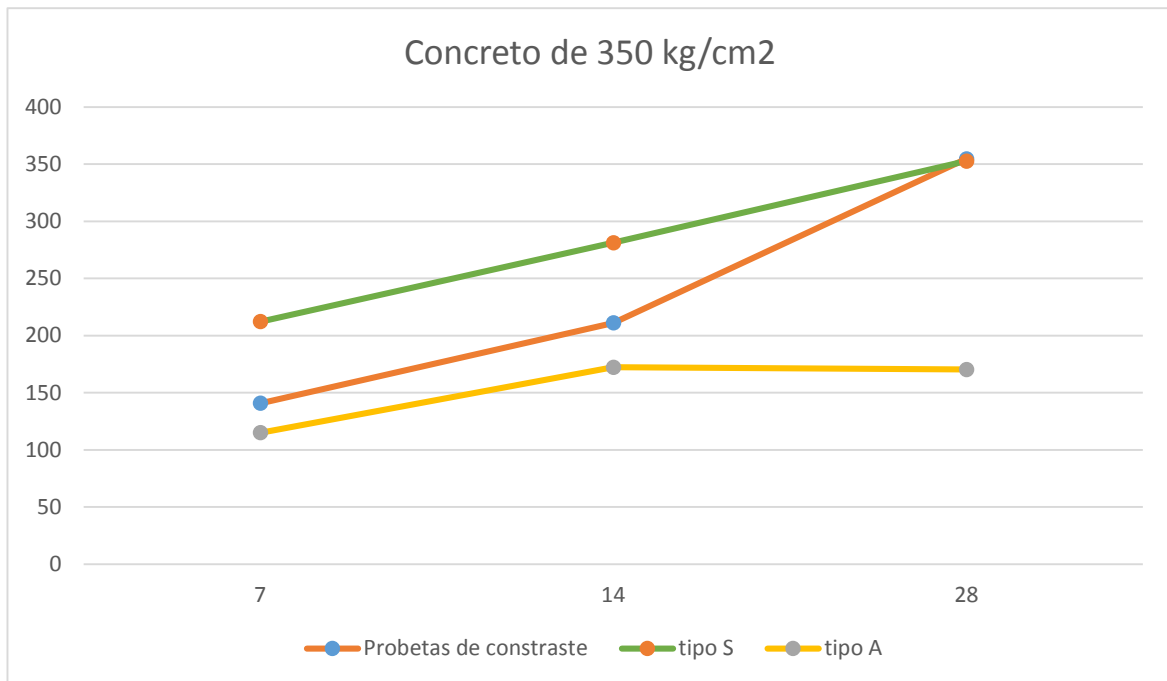


Figura N°03 Gráfica de la resistencia a la compresión de 350 kg/cm² (Archila, 2007)

Título: “COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE JUNTAS FRÍAS LISAS DE CONCRETO”

Torres, Ramos, Prada, Botía (2016), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. En su investigación se aborda el problema de la generación de juntas frías lisas desde una perspectiva complementaria se cuantifica la disminución de la resistencia debido a la aparición de juntas frías en concreto por medio de un extensivo diseño experimental de cilindros de concreto.

Se realizaron ensayos de resistencia última a la compresión uniaxial y tracción indirecta en cilindros normalizados de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, en los cuales se indujeron juntas frías planas y lisas de orientación horizontal, diagonal y vertical. Estas juntas frías tuvieron tiempos de formación de 2, 4, 6 y 8 horas y se usaron moldes metálicos para dar cada una de las inclinaciones, razón por la cual el plano resultante era liso.

Así mismo los ensayos de resistencia última se realizaron a edades de la probeta de 3, 7 y 28 días. Los cilindros con junta fría horizontal y diagonal se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión uniaxial y los cilindros con junta fría diagonal a ensayos de tracción indirecta. En la Figura 04 se muestra un resumen de los ensayos experimentales realizados.

El proceso para la realización de esos cilindros consistió en preparar una mezcla de concreto fresco para elaborar las primeras mitades de los cilindros con junta fría, realizando también cilindros completos para tener testigos sanos. Poco antes de cumplir los tiempos de formación de junta fría (2, 4, 6 y 8 horas) se preparó un segundo lote de concreto fresco para completar las mitades faltantes y así conformar las probetas con junta fría, fundiendo también cilindros sanos de esta segunda mezcla. Los cilindros sanos y con junta fría se desencofraron una vez que tenían una consistencia

apropiada, se llevaron a piscina de curado con una temperatura constante donde se tuvieron hasta cumplir las edades predeterminadas de 3, 7 y 28 días para ensayar a compresión uniaxial o tracción indirecta según fuera el caso. Por cada cilindro con junta fría ensayado se fallaron dos probetas testigo sin junta del mismo lote de mezcla para poder establecer el porcentaje de disminución de resistencia. Para el ensayo de compresión uniaxial en cilindros con junta diagonal y horizontal, una vez se retiraron las probetas de la piscina de curado se les colocó un retenedor con almohadilla de neopreno en ambos extremos, disponiendo el cilindro en sentido vertical y alineándolo con el eje de la rótula de la placa superior de la máquina de ensayo. La prensa aplicó la carga a una velocidad de 0.25 MPa/s hasta que el cilindro falló y se obtuvo la fuerza en el instante en que se presentó la rotura. Para el ensayo de tracción indirecta en la probeta con junta fría vertical se colocó el cilindro con su eje orientado horizontalmente y la carga aplicada a lo largo de la altura del cilindro y paralela al plano de la junta. En la Figura 05 se muestra un esquema de la forma en que se aplicó la carga a los cilindros con junta fría en los ensayos.

Obtenidos los datos de falla de los diferentes cilindros con junta fría se compararon con los obtenidos de los cilindros sin junta y se determinó el porcentaje de reducción de resistencia que se muestra en las Figuras 06, 07 y 08.

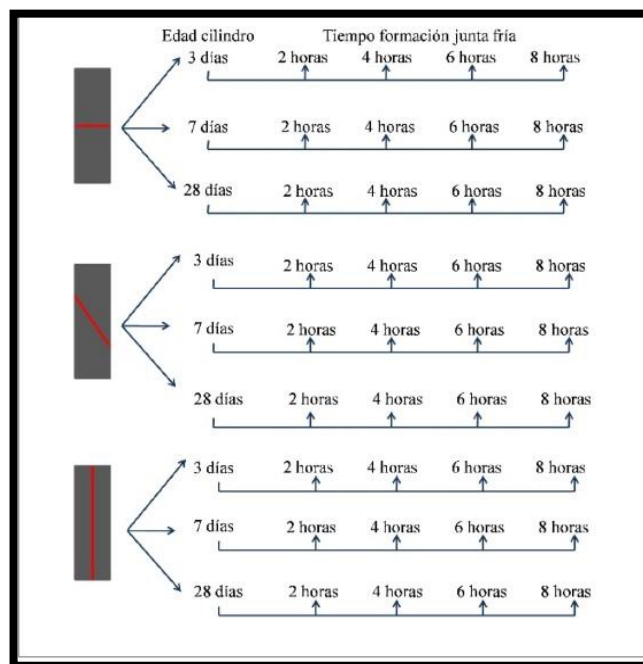


Figura N°04 Experimento de cilindros con junta fría (Torres, 2016)

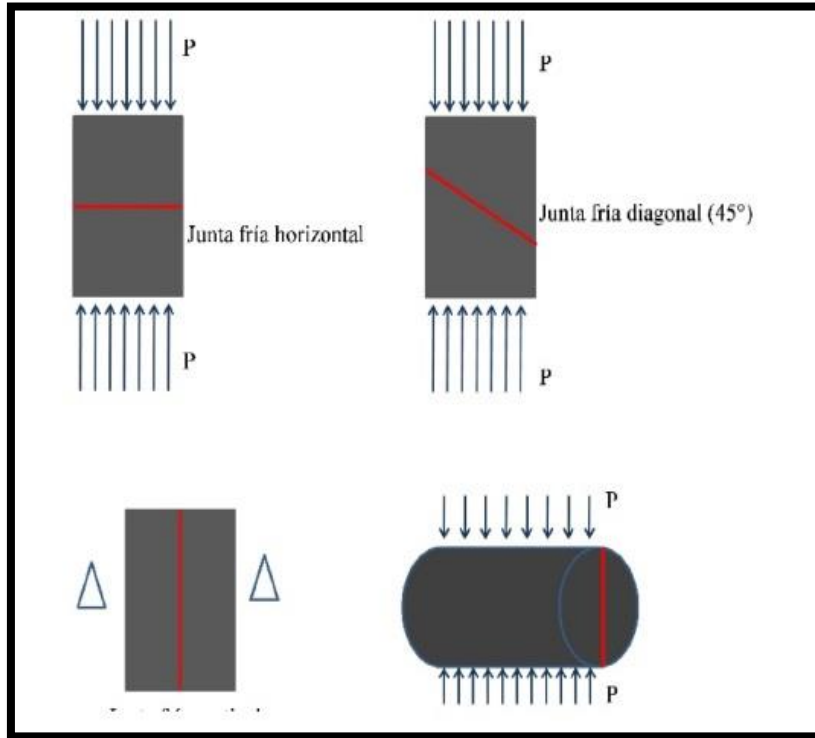


Figura N°05 Forma en que se cargan los cilindros (Torres, 2016)

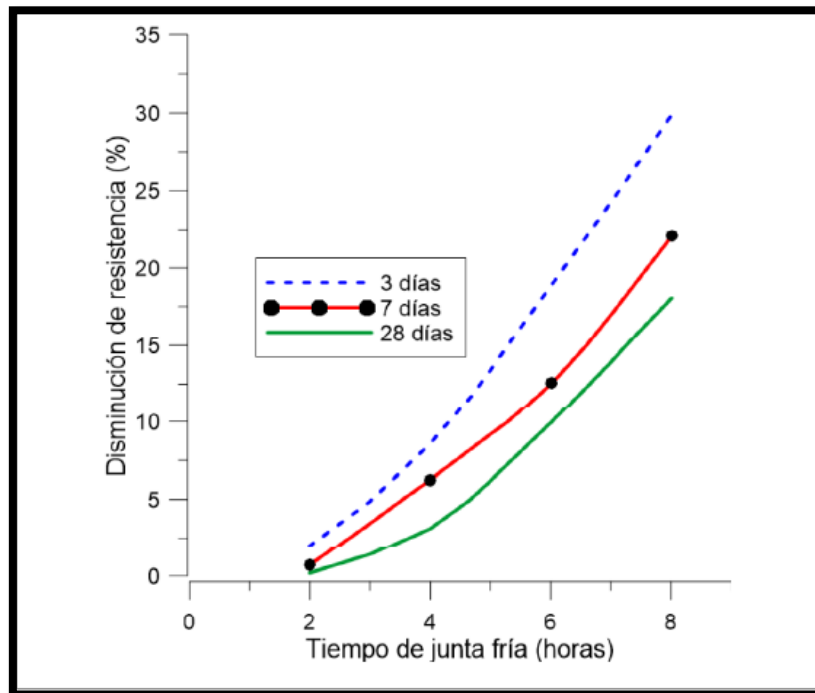


Figura N°06 Disminución de la resistencia a compresión debido a junta fría diagonal en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016)

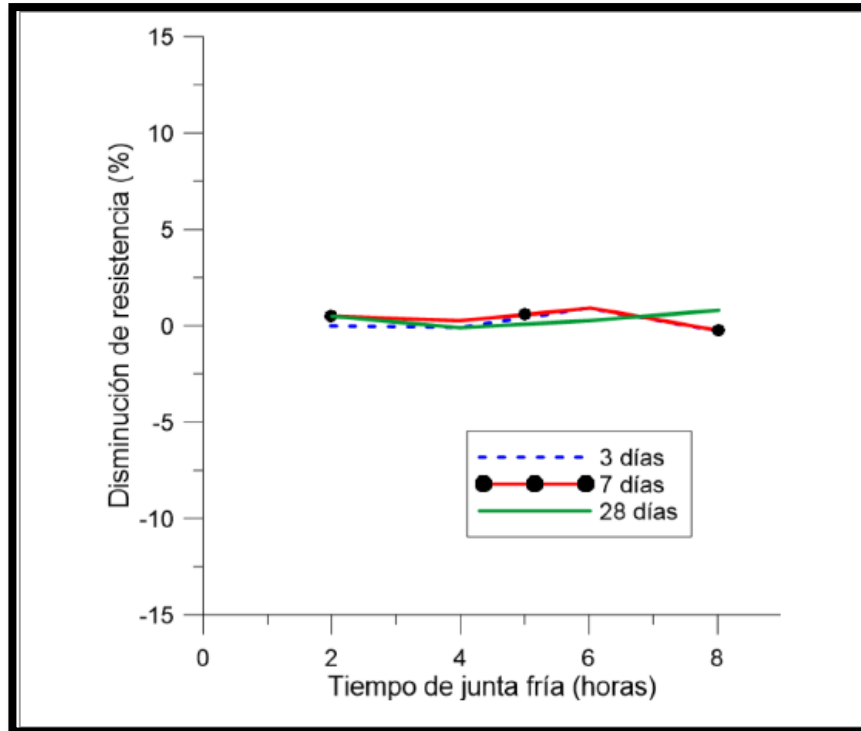


Figura N°07 Disminución de la resistencia a compresión debido a junta fría horizontal en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016)

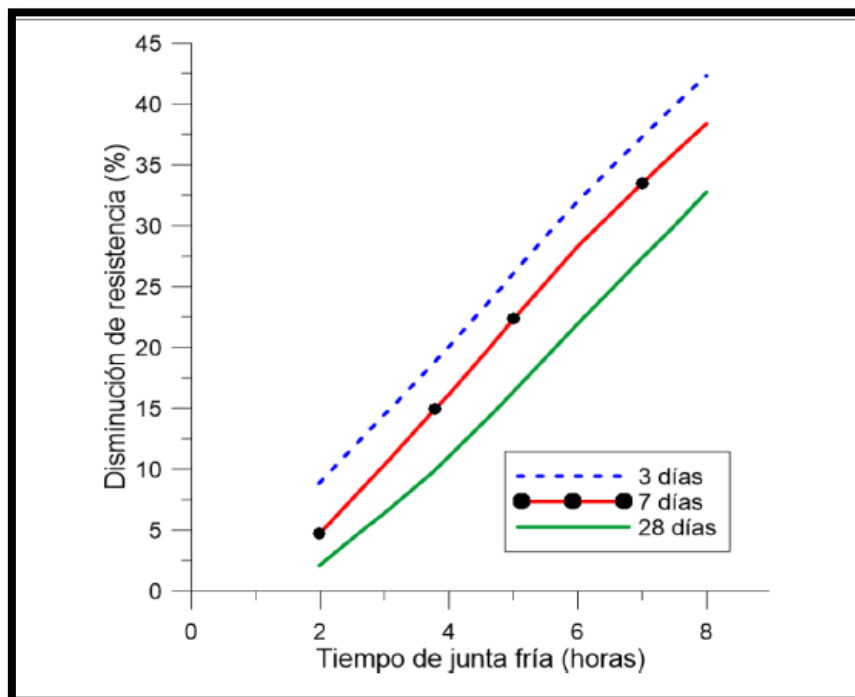


Figura N°08 Disminución de la resistencia a la tracción indirecta debido a junta fría vertical en cilindros normalizados de concreto (Torres, 2016)

Se encuentran pérdidas de resistencia máxima de más del 30% para cilindros de concreto con juntas frías diagonales comparadas con cilindros sanos en tanto que los cilindros de concreto con junta fría horizontal no presentan disminución de resistencia por lo que la disminución de la resistencia depende de la orientación de la junta fría con relación a la dirección de los esfuerzos principales. Este aspecto tiene su explicación en la propuesta del modelo constitutivo de tipo viscoso –reactivo capaz de simular los resultados de la campaña experimental. Este trabajo abre la posibilidad de hacer modelación numérica de problemas de valor de contorno de estructuras que presenten una junta fría y de esta manera estudiar su influencia en la estabilidad global.

Título: “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DE ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO ADITIVO ADHERENTE CHEMA EPOX ADHESIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA”

Valencia Z. (2013), en su investigación su objetivo principal es evaluar la influencia que tiene un adhesivo epóxico aplicado como puente adherente entre concretos de diferentes edades. Esta prueba se caracteriza por en análisis de la resistencia a la compresión, el ensayo se realizará bajo la ASTM C39.

Utilizó agregado de la zona y cemento tipo I para el diseño de mezcla del concreto con una resistencia de 210 kg/cm², construyo especímenes de tres pulgadas de radio y seis pulgadas de altura normado por la ASTM C 882, clasifíco las pruebas en tipo IV (pegar concreto estructural endurecido al concreto endurecido) y tipo V (concreto estructural endurecido con recién mezclado) descrito en la norma ASTM C 881, en pegas de 7, 14 y 28 días.

Observó que con una correcta aplicación del adhesivo entre los sustratos que conforman los especímenes, estos se comportan como un elemento monolítico al someterlos a fuerzas de compresión, la rotura se produce en todo el elemento y no en el plano inclinado donde se aplicó el puente adherente.

Al concluir la investigación de las secciones tipo IV, especímenes a compresión conformados por dos secciones de concreto endurecido ambos fraguados a 28 días, presentan una resistencia a la compresión de 212.08 kg/cm² y se observa que durante la rotura la falla se produce en todo el elemento y no en el puente adherente.

Las secciones tipo V, especímenes a compresión conformados por una sección de concreto endurecido y una de mortero fresco, se alcanzó un $f_c' = 209.27$ kg/cm² y una adherencia de 104.69 kg/cm² en pegas de 28 días.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Concreto

2.1.1.1. Definición

El concreto (hormigón) es el material conformado por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes; así lo indica (Benites Espinoza, 2010).

Asimismo, si bien la definición habitual consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente común, por cuanto está científicamente demostrado la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de Trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra, equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Benites Espinoza, 2010).

Según (UNICOM, 2013), El concreto convencional tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes. Disponible en diferentes resistencias (desde 175 hasta 350 Kg/cm²). Dependiendo de las dimensiones y cuantía del refuerzo del elemento que se va a vaciar y elaborar se especifica el tipo de agregado requerido y sus proporciones:

- Agregado estándar (tamaño máximo de 1"),
- Agregado medio (tamaño máximo ¾") y
- Agregado fino (tamaño máximo de ½").

2.1.1.2. Características

Según (Ruiz Panduro, 2008), un concreto de buena calidad es aquel que satisface eficientemente los siguientes requisitos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua, etc.

Pero el concreto también tiene desventajas, ya que la calidad depende, de una buena dosificación y un control adecuado; como, por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en lugares sin un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como

los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión)

Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, Puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes, etc.

2.1.1.3. Cemento:

El cemento Portland es un material producto de la fusión química a altas temperaturas de materiales calcáreos y arcillosos, este nuevo producto reacciona cuando hace contacto con el agua endureciéndose con el tiempo hasta convertirse en una piedra artificial, por lo que recibe también el nombre de cemento hidráulico. (Gómez Domínguez, 2014).

Conforme a la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

2.1.1.3.1. Composición química del Cemento

Los componentes principales del cemento Portland lo conforman los silicatos y los aluminatos de calcio, dichos compuestos se generan por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), que se representa químicamente en forma abreviada por la letra C, la sílice (SiO_2), que se representa por S, la alúmina (Al_2O_3) que se representa por A y el óxido de hierro (Fe_2O_3) representado por F. Adicionalmente se forman compuestos secundarios como MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O y otros. Los dos últimos óxidos, el de sodio y el de potasio se conocen como los álcalis del cemento, normalmente estos compuestos están restringidos en un 0.6% por peso en forma combinada, esta restricción obedece a que arriba de este porcentaje y bajo condiciones ambientales favorables, los álcalis también reaccionan en forma expansiva con algunos agregados de origen volcánico, provocando la desintegración del concreto. Para producir un cemento Portland se espera que la presencia de los diferentes óxidos se encuentre dentro de los rangos indicados por la Tabla N°01.

Tabla 01 Composición Química del Cemento Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2014)

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	60% a 67%	C
SiO ₂	17% a 25%	S
Al ₂ O ₃	3% a 8%	A
Fe ₂ O ₃	0.5% a 6%	F
SO ₃	1% a 3%	
MgO	0.1% a 4%	
K ₂ O y Na ₂ O	0.2% a 1.3%	
Cal Libre	0% a 2%	
Pérdida por calcinación	0.5% a 3%	

Los compuestos principales resultado del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, formulas químicas abreviadas y abreviaciones comunes se citan a continuación en la Tabla N°02:

Tabla 02 Compuestos principales del Cemento Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2014)

Designación	Fórmula	Porcentaje	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	30% a 50%	C ₃ S
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₂	15% a 30%	C ₂ S
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	4% a 12%	C ₃ A
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	8% a 13%	C ₄ AF

Según (Benites Espinoza, 2010), los compuestos se definen de la siguiente manera:

- a. **Silicato Tricálcico (3CaO.SiO₂ > C₃S > Alita):** El cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación. Constituye del 50 al 70% del Clinker (120 cal/g).
- b. **Silicato Dicálcico (2CaO.SiO₂ > C₂S > Belita):** El cual define la resistencia a largo plazo y no tiene mucha incidencia en el calor de hidratación. Constituye del 15 al 30% del Clinker (62 cal/g).

- c. Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{C}_3\text{A}$):** Es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es necesario añadirle yeso durante la fabricación de cemento. Constituye del 5 al 10% del Clinker (207 cal/g).
- d. Aluminato – Férrico Tricálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{C}_4\text{AF} > \text{Celita}$):** Influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación. Constituye del 5 al 15% del Clinker (100 cal/g).

Estos compuestos conforman el 90% al 95% de la masa del cemento. Además, las variaciones en porcentaje de los compuestos principales definen los diferentes tipos de cemento que se conocen. La Tabla N°03 presenta los tipos de cemento Portland convencionales en las obras de ingeniería civil.

Tabla 03 Composición típica de los cementos Portland. Fuente: (Gómez Domínguez Jorge, 2015)

Tipo de Cemento	Compuesto en %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
I. Uso General (Normal)	50	24	11	8
II. Moderado Resistencia a los sulfatos	42	33	5	13
III. Resistencia Rápida	60	13	9	8
IV. Bajo Calor de Hidratación	26	50	5	12
V. Resistente a los Sulfatos	40	40	4	9

2.1.1.3.2. Tipos de Cemento

Los usos de los diferentes tipos de cementos mostrados en la Tabla N°03 obedecen a las propiedades físicas y químicas derivadas de sus procesos de hidratación, así como a la protección que pueden ofrecer al concreto elaborado con dichos cementos. Es habitual que las comparaciones de los diferentes tipos de cementos se hagan con respecto al cemento tipo I.

Según la norma NTP 334.009, y ASTM C-150-99 los tipos de cementos son:

Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo o no se requiera una protección especial.

Tipo II (MS): Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III: Para emplearse cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Para utilizarse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Se utiliza cuando se desea elevada resistencia a los sulfatos.

Además, según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.090), la cual especifica las características de los cementos adicionados, indica que son aquellos que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento del cemento. Entre los diversos tipos de cementos y los porcentajes de adición, tenemos:

Tipo IS: Cemento portland con escoria de alto horno. Contenido de escoria entre 25% y 70%.

Tipo ISM: Contenido de escoria menor a 25%

Tipo IP: Cemento Portland Puzolánico Contenido de puzolana entre 15% y 40%.

Tipo IL: Cemento Portland-Calizo

Tipo IT: Cemento adicionado ternario

Tipo IPM: Cemento Portland Puzolánico Modificado. Contenido de Puzolana menor a 15%

Tipo I (Co): Es un cemento portland obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland, materiales calizos y o inertes, hasta un máximo del 30% de peso. Figura N° 8.



Figura N°09 Cemento Tipo Ico. Fuente: (Cementos Pacasmayo, 2018)

La resistencia a compresión a los 3 días mínima es de 133 kg/cm² y la ideal es de 245 kg/cm² y a los 28 días su mínima es 255 kg/cm² y su deseada es 330 kg/cm². Además, se sabe que tienen una densidad de 3 gr/ml.

2.2.1. Aditivos

Debido a que los componentes básicos del concreto hidráulico son el cemento, agua y agregados, cualquier otro componente que se incluya en su elaboración es considerado como un aditivo.

Sin embargo, en la práctica del concreto hidráulico convencional no se consideran aditivos; las puzolanas y las escorias, cuando forman parte de un cemento portland-puzolana, portland-escoria, tampoco las fibras de refuerzo por ser concretos que no se consideran convencionales.

El cemento hidráulico y las fibras de refuerzo, que se utiliza como componente del mortero o del concreto, y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado. Algunas de las propiedades que se pudieran modificar en el concreto son:

- Trabajabilidad
- Tiempo de fraguado
- Relación agua / cemento

El comportamiento y las propiedades del concreto hidráulico, en sus estados fresco y endurecido, suelen ser influidos y modificados por diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos se relacionan esencialmente con las características, los componentes y las cantidades en que éstos se diseñan para elaborar el concreto. En cuanto a los extrínsecos, pueden citarse principalmente las condiciones ambientales que prevalecen durante la elaboración y colocación del concreto, las prácticas constructivas que se emplean en todo el proceso desde su elaboración hasta el curado, y las condiciones de exposición y servicio a que permanece sujeta la estructura durante su vida útil. Algunos de estos factores pueden ser alternativas de maniobra por parte del usuario del concreto, pero otros no. Por ejemplo, los aspectos relativos a la composición del concreto y a las prácticas constructivas son factores susceptibles de ajuste y adaptación, en tanto los que corresponden al medio ambiente y a las condiciones de exposición y servicio, por lo general estos factores están fuera del control del usuario.

2.2.1.1. TIPOS DE ADITIVOS

Entre los diferentes tipos de aditivos se encuentran:

a. Aceleradores de Fraguado

Como su nombre lo indica, cumplen la función de acelerar el fraguado. Disminuyen el tiempo de inicio y término de fraguado, logrando de este modo aumentar la resistencia del hormigón a edades tempranas (primeros 28 días). Al disminuir el tiempo de fraguado, también disminuye el tiempo para la colocación.

b. Retardadores de Fraguado

Funciona retardando el inicio de fraguado, otorgando mayores tiempos para la colocación del hormigón. Muy utilizado en hormigón premezclado donde éste es transportado a largas distancias y bastante tiempo desde su preparación hasta su colocación. Normalmente produce menores resistencias en edades tempranas, pero resultan en mayores resistencias a largo plazo.

c. Incorporadores de Aire

Ayudan a incorporar micro-partículas de aire al hormigón. Permiten hormigones de menores densidades y con mejores propiedades de aislamiento acústico y térmico. Es muy utilizado en zonas de hielo y nieve, ya que el aire incorporado permite la expansión del agua al congelarse evitando así que ésta rompa el hormigón, y aumentando su durabilidad. La incorporación de aire disminuye la resistencia a la compresión del hormigón. El aire incorporado por este mecanismo oscila entre un 2% y un 7% dependiendo de la cantidad de aditivos y áridos finos en el concreto.

d. Plastificantes

Aumentan la trabajabilidad del hormigón fresco, permitiendo una mayor docilidad de éste. Permite utilizar menos agua en la mezcla para alcanzar una mejor fluidez, mejorando la relación *agua/cemento* (A/C) y por lo tanto la resistencia del hormigón. Con plastificantes se alcanzan reducciones de hasta un 20% del agua requerida en la mezcla. Este aditivo se utiliza normalmente para:

- Mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco.
- Mejora la manipulación y colocación.
- Mejorar la resistencia del hormigón endurecido.
- Disminuir la dosis de cemento en la mezcla de hormigón.

e. Superplastificantes

De similares efectos que los plastificantes en el hormigón, pero en grados mayores. Con la aplicación de superplastificantes se alcanzan reducciones de hasta un 60% del agua requerida en la mezcla del hormigón. Son ampliamente usados, principalmente en la elaboración de hormigones super resistentes y autocompactantes.

2.2.1.2. TIPOS DE ADHESIVOS

- Látex
- Epóxicos

2.2.1.2.1. Adhesivos Látex

Los agentes Látex para concreto deberán cumplir especificaciones de la norma ASTM C-881, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicos). Estos se dividen en:

- Estructurales
- No Estructurales

- **Adhesivos Estructurales**

Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia requerida.

Los productos epóxicos se presentan en dos o más elementos. Las resinas y el endurecedor forman el sistema básico del material, mientras que el resto de los componentes son adiciones inertes para características determinadas y específicas. La resina es el adhesivo en sí, mientras que el endurecedor permite la reactividad y reticulación de las moléculas para formar la malla de pegado en el producto. Se emplean, por ejemplo, en mezclado de cemento, colocación de anclajes y conectores en fundiciones, y en elementos de concreto armado en construcción de puentes.

Lo que mejor define a esta clase de productos es la capacidad de adherir casi todos los materiales de construcción independiente de las resistencias mecánicas, por eso son muy usados en refuerzos estructurales. Los epóxicos tienen más de cincuenta años, pero el avance tecnológico en este campo es constante; actualmente se trabaja en productos que tengan características determinadas como la aplicación bajo agua o resistencia a bajas temperaturas y en especial la rapidez en el pegado.

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con temperatura moderada, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.

Las resinas epóxicas que se usan con este fin, deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C-881-90 (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas). Estos materiales pegarán superficies mojadas o húmedas. Con ellos es posible adherir metal, piedra y/o madera con el concreto.

Tipo I: Pegas no estructurales de morteros endurecido a concreto endurecido y otros materiales y como ligante en morteros y concretos epóxicos.

Tipo II: Pegas no estructurales de concreto fresco a concreto endurecido.

Tipo III: Pega de materiales antideslizantes a concreto endurecido y como ligante en morteros y concretos epóxicos usados en superficies resistentes a tráfico (o superficies sujetas a movimientos térmicos o mecánicos).

Tipo IV: Pegas estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales y como ligante en morteros y concretos epóxicos.

Tipo V: Pegas estructurales de concreto fresco a concreto endurecido.

Tipo VI: Para pegar y sellar segmentos prefabricados con tendones internos y para proceso de tensado por etapas cuando postensionamiento temporal es aplicado.

Tipo VII: Para su uso como sellante no estructural en segmentos prefabricados cuando postensionamiento temporal no es aplicado.

2.2.1.3. PUENTES DE ADHERENCIA

Dentro de estos podemos encontrar los epóxicos llamados puentes de adherencia, esta es una de las líneas más importantes en las que se puede encontrar el adhesivo epóxico. El principio del producto consiste en darle continuidad al proceso de fundición de una obra en construcción, porque este no se puede hacer de una forma constante y con este producto se puede dar continuidad monolítica.

2.2.1.4. ANCLAJE Y REPARACIONES

Esta es otra de las aplicaciones más frecuentes en las que se utilizan los adhesivos epoxicos, se observan en anclajes y reparaciones industriales por ejemplo en las estructuras dañadas por sismos. Sus usos van desde la inyección de grietas, la unión entre concretos hasta rellenos en general. Son utilizados también en el campo de pilotes para la vinculación de micropilotes con estructuras, cabezales y zapatas. Aquí lo importante es la alta resistencia, facilidad de preparación y colocación.

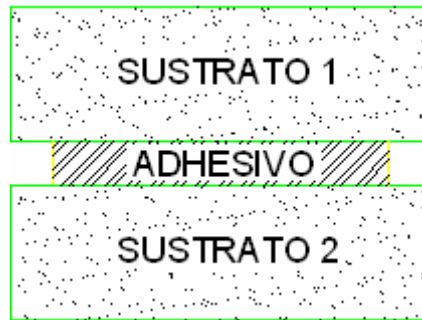


Figura N°10 Esquema básico de la unión adhesiva (Román)

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 interfase sustrato-adhesivo.

Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, como se verá en posteriores temas, 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 y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos. Una de las clasificaciones más empleadas se basa en el mecanismo de formación de la junta adhesiva. Así, se pueden distinguir dos grandes grupos de adhesivos.

2.2.1.5. ADHESIVOS PREPOLIMERIZADO

Es decir, aquéllos cuyo polímero ya existía antes de ser aplicado el adhesivo sobre la unión, y **adhesivos reactivos**. Estos últimos se caracterizan porque el adhesivo en estado líquido, viscoso, gel, etc. se halla constituido por monómeros o cadenas oligómeras que polimerizan y/o se entrecruzan durante el proceso de polimerización que ocurre cuando tal adhesivo se ubica entre los sustratos a unir. Dentro de estos grandes grupos se definen diversas subclases:

- 1) Adhesivos pre polimerizados
 - a) En fase líquida
 - i) Soluciones acuosas como los cementos, las colas o el almidón
 - ii) Soluciones orgánicas como el caucho natural
 - iii) Emulsiones o líquidas como los adhesivos en base a PVC
 - b) En fase sólida
 - i) Adhesivos piezosensibles como los adhesivos de contacto o las cintas adhesivas.
 - ii) Adhesivos termofusibles o fusiones candentes.

2) Adhesivos reactivos

- a) Que curan mediante poliadición como los cianoacrilatos, los anaeróbicos o los acrílicos
- b) Que curan mediante policondensación como los epoxis o las siliconas

Los principios de la adhesión son comunes a todas las familias adhesivas. Sin embargo, sólo los adhesivos reactivos son capaces de dar soluciones fiables a los problemas de ingeniería, porque cuando reaccionan sus componentes químicos crean un puente adherentes de altas resistencias mecánicas.

2.2.1.6. COMPORTAMIENTO DE LOS ADHESIVOS ANTES DEL CURADO

Los componentes básicos de los adhesivos reactivos son los que siguen:

1. Producto base, casi siempre, una mezcla de monómeros o polímeros.
2. Aditivos:
 - a) Colorantes
 - b) Antioxidantes
 - c) Iniciadores
 - d) Plastificantes
 - e) Agentes de "tack" (untuosidad)
 - f) Sustancias fluorescentes
 - g) Agentes de acoplamiento o promotores de la adhesión
 - h) Estabilizantes
3. Cargas/espesantes

Es importante conocer en detalle el proceso de formación de la unión adhesiva. Básicamente, los adhesivos y selladores químicos deben ser sustancias con propiedades muy específicas antes y después de realizar la unión:

1. Antes de la unión el adhesivo/sellador debe ser capaz de copiar la superficie de los materiales a unir o sellar entrando en íntimo contacto con ellas, es decir, debe cubrir incluso las microcavidades para mojar toda la superficie sobre la que se aplique.
2. Después de la unión el adhesivo/sellador debe mantener los sustratos unidos y/o funcionar como barrera químico-física para prevenir el ingreso o la fuga de líquidos, gases o contaminantes.

Los fenómenos que tienen lugar antes de que el adhesivo cure, es decir, antes de la unión tienen un efecto directo sobre las interfases adhesivas de la unión. La adhesión es un fenómeno superficial que precisa un contacto íntimo entre las fases involucradas. Los factores que entran en juego en esta fase preliminar son dos:

- La relación entre la tensión superficial del adhesivo y la energía superficial del sustrato.
- Las propiedades reológicas del adhesivo antes de curar.

A excepción de los adhesivos piezosensibles (por ejemplo, las cintas adhesivas), el mismo material no cumple ambas funciones a no ser que se produzca un cambio físico-químico en su seno. Este proceso es lo que genéricamente se denomina curado y tiene lugar según diferentes mecanismos:

1. Mecanismos físicos: sucede en los denominados adhesivos prepolimerizados.
 - a) Evaporación de un vehículo o solvente que emulsiona o disuelve la base del adhesivo.
 - b) Paso desde un estado fluido a temperaturas elevadas a un estado sólido a temperatura ambiente.
 - c) Mecanismos combinados: como ciertas fusiones candentes que se preaplican sobre los sustratos como adhesivos en base solvente

2. Mecanismos químicos: ocurre en los adhesivos de polimerización durante la unión adhesiva.
 - a) Polimerización por policondensación.
 - b) Polimerización por poliadición.
 - c) Fenómenos de postcurado o reticulación del adhesivo una vez curado.
 - d) Mecanismos combinados: como las cintas adhesivas curables por calor.

El mecanismo de curado afecta fundamentalmente a las características cohesivas del material adhesivo. El fenómeno de la adhesión ha sido objeto de un profundo estudio durante las últimas décadas. Sin embargo, no existe una teoría unificada que explique el fenómeno en conjunto, sino diferentes modelos que justifican cada caso particular. En la mayoría de los casos, ninguna de ellas por sí sola, sería capaz de explicar plenamente el fenómeno de la adhesión, siendo necesaria la combinación de varias.

Es por ello que en los libros de texto aparecen descritas todas ellas. Básicamente, se pueden distinguir dos tipos de fenómenos en la interfase sustrato-adhesivo: los de tipo físico y los de tipo químico. Las diferentes teorías pueden encuadrarse dentro de esta primera división:

1. Fenómenos físicos:

- a) Modelo de adhesión mecánica.
- b) Teoría de la difusión.
- c) Teoría eléctrica.

2. Fenómenos químicos:

- a) Teoría de la adsorción termodinámica o mojado superficial.

Existen teorías modernas que incluyen los efectos debidos a las propiedades cohesivas del adhesivo y a la aparición de capas débiles en los sustratos.

2.2.1.7. MODELO DE ADHESIVOS MECÁNICOS

Es el primero y más antiguo de todos. Según este modelo, la adhesión se debe a un anclaje del polímero (adhesivo) en los poros y rugosidades superficiales del sustrato. La penetración del adhesivo en la orografía superficial del sustrato 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 sustrato por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva.

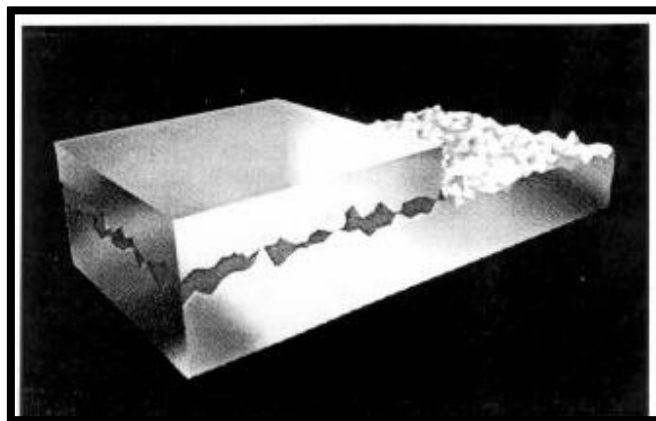


Figura N°11 Modelo de adhesión mecánica (Román)

2.2.1.8. TEORÍA DE LA DIFUSIÓN

Se utiliza para explicar la adhesión de los polímeros entre sí. Plantea la adhesión como resultado de una interdifusión de las moléculas de los planos superficiales, lo que conlleva la creación de una zona de transición entre el adhesivo y el adherente, la cual sustituye la noción de interfase pura sin espesor por la noción de interfase espesa o densa. El mecanismo parece ser basado en la migración de las cadenas poliméricas largas que son mutuamente solubles. Este fenómeno se encuentra limitado a la autoadhesión, a la adhesión de polímeros compatibles y quizás también a la soldadura termoplástica o con disolvente.

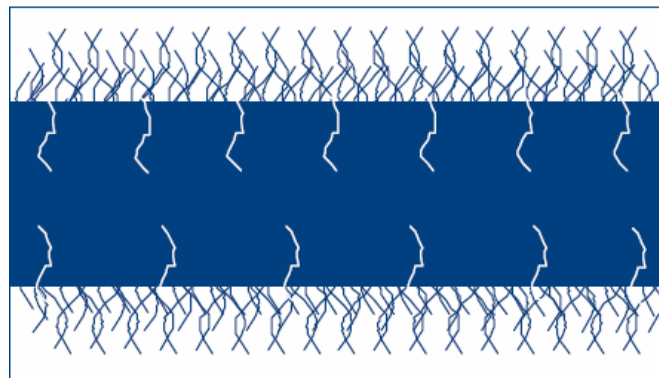


Figura N°12 Teoría de la difusión (Román)

2.2.1.9. TEORÍA ELÉCTRICA

Compara el sistema adhesivo/sustrato a un condensador plano cuyas placas están constituidas por la doble capa eléctrica que se forma cuando dos materiales de naturaleza diferente se ponen en contacto, por ejemplo, un polímero y el vidrio. La existencia de una doble capa eléctrica es fundamental para explicar los fenómenos de adhesión, pero no puede considerarse un modelo universal, y sólo se puede aplicar a determinados casos particulares. Además, la contribución a la adhesión debida a fuerzas de Van der Waals es en algunos casos superior a la procedente de interacciones electrostáticas.

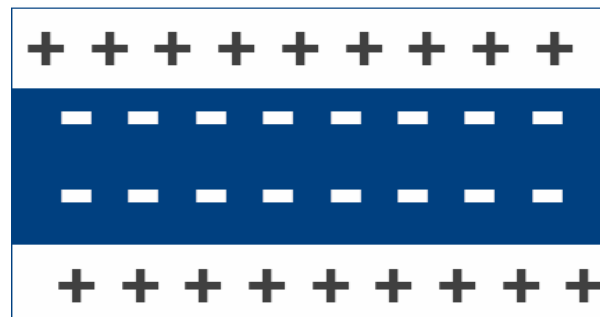


Figura N°13 Teoría Eléctrica (Román)

2.2.1.10. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES ADHESIVAS

Los tecnólogos de la adhesión diseñan normalmente las formulaciones adhesivas para lograr que las fuerzas adhesivas sean siempre superiores a las cohesivas. De este modo, conociendo las propiedades mecánicas del adhesivo se puede evaluar y, por tanto predecir, el comportamiento mecánico de una unión adhesiva. Según este enfoque, las propiedades mecánicas de la unión pueden estudiarse en base a las propiedades mecánicas del adhesivo que la constituye.

Los fracasos más frecuentes cuando se emplean adhesivos son debidos al desconocimiento de los esfuerzos a que va a estar sometida la unión. De hecho, dentro de ciertos límites, es viable proceder mediante determinadas reglas empíricas para diseñar y obtener adhesiones correctas. Aún así, cuando los esfuerzos son complejos es indispensable tener en cuenta todos los factores que pueden influir.

En la práctica, esto quiere decir que la naturaleza y la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio de la unión deben conocerse antes de decidir el tipo de adhesivo que se debe emplear. Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones.

Aún así, las tensiones no aparecen únicamente como consecuencia directa de transmitir fuerzas o energías, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura. Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de requerimientos sobre las uniones adhesivas:

- a) Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.
- b) Esfuerzos de cortadura o cizalla.
- c) Esfuerzos de desgarro.
- d) Esfuerzos de pelado.

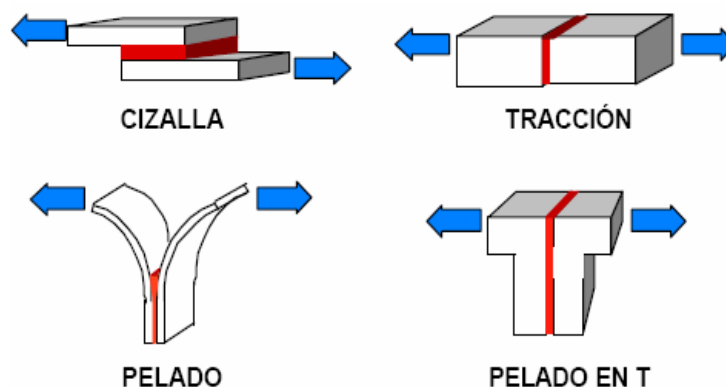


Figura N°14 Requerimiento en uniones adhesivas (Román)

Para conseguir uniones adheridas correctas hay que plantear durante la etapa de diseño un trazado que evite en lo posible esfuerzos que no sean de tracción o de cortadura en las uniones adhesivas. Un paso extremadamente importante durante el proceso de diseño de la junta adhesiva es establecer los requisitos de la aplicación. Propiedades como la resistencia a cortadura, la resistencia a impacto, la pérdida de resistencia por envejecimiento térmico, las tolerancias de montaje (holguras), la resistencia a la humedad, a nieblas salinas y a disolventes, los tiempos de manipulación requeridos y los límites aceptables para cualquiera de tales pruebas son ejemplos de características que deben ser especificadas. Lo ideal es describir o identificar de forma fácilmente comprensible los métodos de prueba empleados para determinar las propiedades de la adhesión y del adhesivo a emplear, como hacen por ejemplo los ensayos normalizados en la Norma ASTM la cual es aplicada en la presente investigación.

Tanto el diseño como la elección del adhesivo deben acomodarse a la aplicación, evitando en la medida de lo posible juntas adhesivas sobredimensionadas, que suelen encarecer de forma desproporcionada e innecesaria los costes de montaje. Los factores geométricos que se consideran en primer lugar son la anchura de la adhesión, la longitud de solapamiento y los espesores de adhesivo y sustratos. La resistencia a cortadura es directamente proporcional a la anchura de solapamiento. Sin embargo, la relación entre longitud de solapamiento y resistencia a cizalla no es lineal, aunque se produce un incremento. Esto es debido a que las tensiones se acumulan en los extremos de la zona de solapamiento.

2.2.1.11. FUNCIONALIDAD EN UNIÓN DE CONCRETO FRESCO CON CONCRETO ENDURECIDO

Existe una funcionalidad entre la unión de los concretos debido a que pueden provocarse fisuras, filtraciones o de falla parcial de la estructura, esto se debe a que actúan como elementos independientes con movimiento propio y no como estructura monolítica.

Rendimiento de la junta adhesiva frente a agentes externos

Una vez que el adhesivo ha curado completamente y por tanto adquirido sus características físico-químicas definitivas, se verá sometida a una serie de agentes externos que pueden modificar sus propiedades. El medio puede debilitar la junta adhesiva y provocar el fallo frente a esfuerzos mecánicos más débiles que los previstos.

Por ello, es necesario caracterizar las propiedades físico-químicas de cada adhesivo y su variación frente a los agentes externos a los que pueda verse sometida. Esto es lo que se conoce como "durabilidad del adhesivo". Los valores de resistencia ambiental se dan siempre en relación a la resistencia definitiva que se logra en la junta adhesiva. Normalmente se emplean ensayos normalizados (a tracción, desgarro, etc.) y se observa la pérdida de la resistencia inicial en

porcentaje, tras exponer la probeta al agente concreto durante un número determinado de horas. Las gráficas resultantes nos dan una idea de la degradación de la unión adhesiva bajo tales condiciones.

Los factores que pueden afectar la unión adhesiva pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

1. Temperatura.
2. Humedad.
3. Fluidos: aceites, combustibles, disolventes orgánicos y clorados, agentes químicos agresivos, gases refrigerantes, etc.

Los efectos de la **temperatura** sobre la unión adhesiva son muy diversos, y dependen del modo en que la junta es sometida a los extremos de temperatura. Así, podemos diferenciar entre:

1. Efecto de las temperaturas bajas.
2. Resistencia al calor.
3. Envejecimiento a temperatura.

Los adhesivos son polímeros. El comportamiento de las adhesiones a **bajas temperaturas** viene condicionado por las características mecánicas del adhesivo a tales temperaturas. Tanto los termoplásticos como los termoestables se vuelven rígidos y frágiles a bajas temperaturas debido a que aumenta la rigidez de las cadenas que los constituyen. Esfuerzos débiles pueden provocar la rotura de la unión adhesiva. Los elastómeros pierden sus características viscoelásticas por debajo de su temperatura de transición vítrea, la cual suele estar varias decenas de grados bajo cero. A tales temperaturas se vuelven rígidos, pasando a tener un comportamiento vítreo, con módulos elásticos mucho mayores y elongaciones a la rotura muy inferiores. En condiciones de frío extremo las juntas elásticas podrán sufrir roturas por efecto de los esfuerzos producidos por las piezas que están sellando sobre la propia junta elástica, dando lugar a las fugas.

Se entiende por **resistencia al calor** la resistencia que presenta el adhesivo frente a altas temperaturas puntuales. El efecto de tales temperaturas es la disminución de la viscosidad del material polimérico durante un cierto tiempo. Los materiales termoplásticos se reblandecen enormemente por encima de su temperatura de transición vítrea, llegando a un estado fluido por encima de la temperatura de reblandecimiento. El efecto del calor sobre estos materiales es muy drástico, aunque puede ser reversible, por debajo de la temperatura de descomposición. A altas temperaturas presentan un porcentaje muy bajo de su poder adhesivo inicial.

Los materiales termoestables, por el contrario, presentan sólo ligeras modificaciones de su reología por encima de la temperatura de transición vítrea, no llegando en ningún momento a un estado fluido. A temperaturas excesivamente altas pueden descomponerse de forma irreversible. Los materiales elastómeros presentan un comportamiento similar, aunque conservando sus propiedades elásticas cerca de la temperatura de descomposición.

El efecto que tiene un agente externo sobre la junta adhesiva no siempre es consecuencia de su interacción con la masa de adhesivo. De hecho, la resistencia de una unión adhesiva sometida a condiciones de **humedad** no depende del efecto que ésta tenga sobre el propio material polimérico, sino sobre la zona de adhesión.

Cuando el agua entra en contacto con la interfase adhesiva, ésta compite con el adhesivo curado mediante la absorción, ya que el agua puede desplazar al adhesivo e incluso combinarse con el sustrato. El agua tiende a desplazar la resina curada donde existan enlaces secundarios produciendo tensiones sobre los menos numerosos enlaces químicos de la interfase y dando lugar a fenómenos de adsorción.

Este fenómeno de desplazamiento ha sido ampliamente estudiado en conexión con los plásticos reforzados con vidrio (GRP). Norman, Stone y Wake estudiaron la adhesión en la interfase vidrio-resina en presencia de agua. El desplazamiento físico de la resina de la interfase es característico de sistemas adhesivos en los que sólo aparecen fuerzas secundarias de Van der Waals y, puesto que la superficie de un sustrato no cambia irreversiblemente por efecto de la absorción de agua, tal desplazamiento es reversible.

Hay dos procesos involucrados en el deterioramiento de las juntas adhesivas por efecto de la humedad:

- 1) La absorción de agua por el adhesivo.
- 2) La adsorción de agua en la interfase por desplazamiento del adhesivo.

En el caso de uniones metal-metal, la única posibilidad de acceso de la humedad es a través del adhesivo. Sin embargo, los metales son materiales de alta energía superficial y tienden a combinarse con el agua, desplazando la junta adhesiva. En los materiales compuestos la humedad puede ser absorbida por la resina superficial y ser difundida hacia la interfase. La absorción por parte del adhesivo no causa el deterioro de la junta adhesiva por pérdida de la resistencia del material polímero, sino porque es capaz de aportar a la interfase una mayor concentración de agua. Por este motivo, los adhesivos que presentan mejores durabilidades frente a ambientes húmedos son aquellos en los cuáles el agua es virtualmente insoluble.

Existen multitud de **fluidos** (gases y líquidos) que tienen también un efecto negativo sobre la junta adhesiva. La mayoría de ellos basan su influencia en la modificación de las propiedades del propio material adhesivo. Como en el caso de otros agentes externos, el efecto de los fluidos sobre la durabilidad de una adhesión se mide en relación con la resistencia máxima del adhesivo. Los ensayos se realizan también a lo largo del tiempo. De un modo general podemos hablar de dos tipos de efectos:

1. Efectos físicos: debidos a modificaciones de las propiedades físicas del adhesivo, sin que se produzca ninguna variación en su composición química.

2. Efectos químicos: por ataque o degradación paulatina del material adhesivo.

Los efectos físicos se deben normalmente a la penetración de la molécula en la propia estructura polimérica. Los fluidos, dependiendo del tamaño molecular, la presión, la temperatura, etc. pueden introducirse en la red del polímero, modificando su temperatura de transición vítrea o su resistencia frente a requerimientos externos. Los materiales termoestables presentan una red molecular tridimensional y son insolubles en disolventes. Cuando su grado de reticulación es muy elevado pueden sellar incluso el paso de moléculas muy pequeñas como es el caso de los fluidos refrigerantes o del vapor de agua. De hecho, comúnmente se emplean adhesivos anaeróbicos muy reticulados para el sellado de conducciones frigoríficas o de vapor.

El efecto de los fluidos sobre estos materiales, a no ser que exista un ataque químico, es en general inapreciable por lo que su durabilidad es elevada en contacto con combustibles, aceites y otros fluidos industriales.

Los materiales elastómeros son también insolubles pero por su bajo grado de reticulación admiten el paso de moléculas. No son buenos selladores para gases, sobre todo aquéllos constituidos por moléculas pequeñas, por lo que no se recomiendan para su sellado. Son buenos selladores de líquidos, excepto en el caso de aquellos líquidos que por afinidad química tienden a acumularse en el interior del retículo e hincharlo. Es el caso de muchos disolventes orgánicos. Concretamente, las siliconas, excepto en el caso de formulaciones especiales, se hinchan en presencia de aceites y combustibles.

Los materiales termoplásticos son solubles en disolventes afines. Por este motivo debe cuidarse el contacto de estos adhesivos con muchos agentes disolventes. Por otro lado, su carácter sellador es pobre en general no siendo materiales recomendados para sellados de un cierto rendimiento.

En cuanto a los efectos químicos, la durabilidad de un adhesivo se puede ver seriamente afectada cuando entra en contacto con un agente químico con el que sea susceptible de reaccionar. En tal caso se produce una auténtica degradación química e irreversible del adhesivo.

Aunque depende de la química de cada familia adhesiva se puede afirmar de una forma general que los duroplásticos presentan una mayor durabilidad frente a agentes químicos que los elastómeros, y éstos mayor a su vez que los termoplásticos, porque tienen una estructura molecular más cerrada en la que el ataque químico progresa de una forma más lenta. Todos ellos son atacables por agentes oxidantes, ya que producen la degradación de los compuestos orgánicos.

Consecuencias

Las consecuencias debidas a una mala adherencia entre concretos pueden ser perjudiciales en gran medida y ello pondría en peligro la funcionalidad de la estructura.

Filtraciones

Las filtraciones en el concreto podrían aparecer debido a que no existe una adecuada adherencia en el concreto, esto puede verse aumentado si el adhesivo que se esté utilizando no funciona correctamente como un sellante, esto perjudicaría al elemento estructural al que se le aplique.

Baja resistencia

Una consecuencia notable sería que al no haber una adecuada adherencia puede perderse en ese punto la resistencia a la que se ha diseñado, ello puede llevar al colapso a una estructura.

2.1.1.1. Propiedades en estado endurecido

La etapa del concreto en estado endurecido tiene una finalidad importante, ya que es donde podemos apreciar las propiedades mecánicas y físicas y así estimar la durabilidad del concreto. El concreto en estado endurecido es una consecuencia de cómo se desarrolló la etapa plástica; además se sabe que las resistencias mecánicas son las propiedades más importantes en estado endurecido (Ruiz Panduro, 2008).

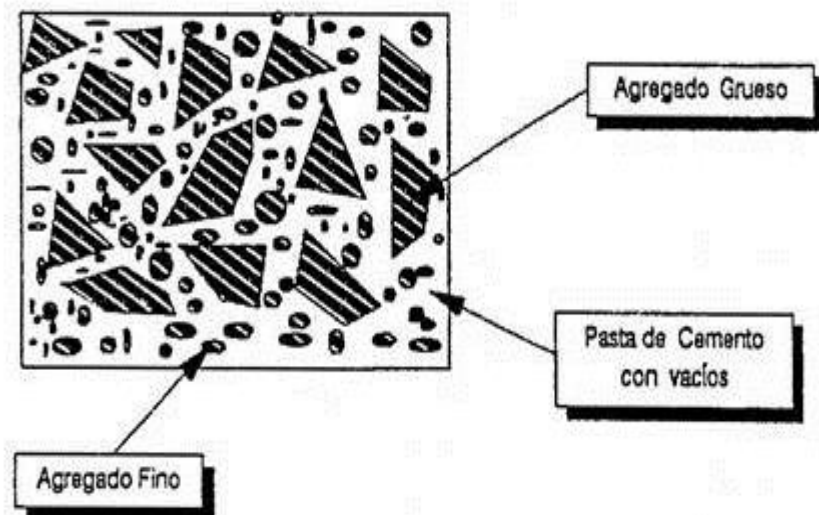


Figura N°15 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Ruiz, 2008)

2.1.1.1.1. Resistencia a la compresión (ASTM C39)

La resistencia a la compresión representa la condición de carga en la que el concreto exhibe su mayor capacidad para soportar esfuerzos, de tal modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. Sumado a ello, existe la ventaja de que la resistencia a la compresión es la característica más fácil y confiable de determinar en el concreto endurecido, aunque no es una propiedad tan definida como pudiera suponerse debido a un cierto número de factores y condiciones cambiantes que intervienen en su determinación; por tal motivo, es necesario tener en cuenta las condiciones y procedimientos para determinarla (Torres Alayo, 2004).

Según la NTP339.034 y ASTM C39 la resistencia a la compresión consiste en aplicar una carga de compresión axial sobre la superficie lisa de los cilindros de concreto. Esta resistencia se obtiene al dividir la carga máxima soportada por la probeta durante la prueba entre el área de la sección transversal. El parámetro obtenido a través de este ensayo es una propiedad la cual es usada en el diseño de estructuras, dicho parámetro se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) o en Mega Pascales (MPa). Además, el número de probetas que se utilizará depende de las prácticas establecidas y del enfoque de la investigación. Usualmente, se elaboran tres probetas para cada edad de curado del concreto y cada condición de prueba, los cuales permiten obtener resultados más confiables.

Las edades del concreto más utilizadas son de 3, 7, 14 y 28 días. Si la investigación lo requiere se utilizan edades de 56 y 84 días.

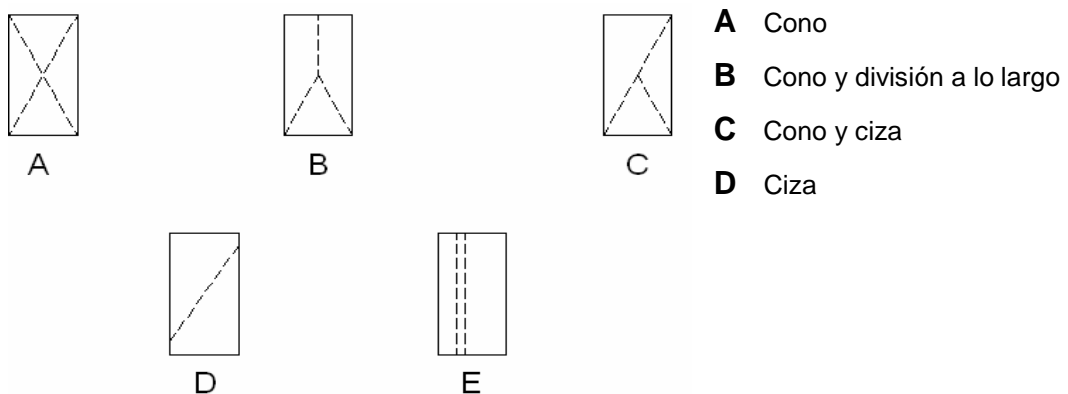
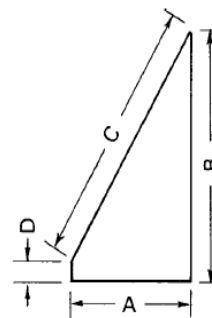


Figura N°16 Tipos de falla en probetas de concreto (ASTM 39)

2.1.1.1.2. Resistencia de Adherencia (ASTM C 882)

Este método de prueba cubre la determinación de la fianza resistencia de los sistemas de unión a base de resina epoxi para usar con concreto portland-cemento. Este método de prueba cubre la vinculación concreta endurecido a concreto endurecido o recién mezclado.

La resistencia de la unión se determina mediante el uso de epoxi sistema para unir dos secciones iguales de un 3 por 6 pulgadas [75 por 150 mm] cilindro de mortero de cemento portland, cada sección de que tiene un área de unión de colada diagonal en un ángulo de 30 ° desde vertical. Después del curado adecuado del agente de unión, la prueba es realizada determinando la resistencia a la compresión del cilindro compuesto.



	Dimensions	
	in.	mm
A—Diameter	3.000	[75±2]
B—Height	5.598	[140±2]
C—Slant height	6.000	[150±2]
D—Base height	0.402	[10±2]

FIG. 1 Dummy Section

Figura N°17 Esquema típico de la probeta bajo ASTM C882

Se calcula la resistencia de la unión de la resina sistema al dividir la carga transportada por la muestra en caso de falla por el área de la superficie unida el área de la superficie de unión elíptica de los cilindros de prueba especificado en este método de prueba es 14.13 in² [9116 mm²].

2.1.1.1.3. Resistencia a la Tracción Indirecta (ASTM C496)

La resistencia a la tracción del concreto es una forma de comportamiento de gran interés para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial las estructuras hidráulicas y de pavimentación. Sin embargo, en razón de que los métodos de ensayo a la tracción aparecen tardíamente, en la década de los cincuenta, la resistencia a la compresión mantiene su hegemonía como indicador de la calidad, principalmente por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular valiosa experiencia.

Inicialmente la determinación de la resistencia a la tracción del concreto se efectuó por ensayos de flexo tracción. Posteriormente, se han desarrollado dos métodos de prueba conocidos como ensayos de tracción directa por hendimiento, también denominado de compresión diametral.

El método de ensayo de tracción directa consiste en someter a una sollicitación de tracción axial un espécimen, cilíndrico o prismático, de relación de h/d , entre 1.6 a 1.8 resultante del aserrado de las extremidades de una probeta moldeada, para eliminar las zonas de mayor heterogeneidad. Los especímenes se pagan por sus extremos, mediante resinas epóxicas, a dos placas de acero que contienen varillas de tracción, centradas y articuladas mediante rótula, las mismas que se sujetan a los cabezales de una máquina de ensayos de tracción convencional.

El método de tracción directa si bien es representativo del comportamiento del concreto, requiere una operación compleja, por lo que se ha firmado únicamente en el ámbito de los laboratorios.

El ensayo de tracción por hendimiento consiste en romper un cilindro de concreto, del tipo normalizado para el ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa, según generatrices opuestas.

Este método fue desarrollado con Lobo Carneiro y Barceles en Brasil en 1943, cuando verificaban el comportamiento del concreto, destinado a rellenar cilindros de acero a utilizarse en el desplazamiento de una antigua iglesia. En el mismo año en Japón T. Azakawa, realizó una tesis de doctorado desarrollando el método.

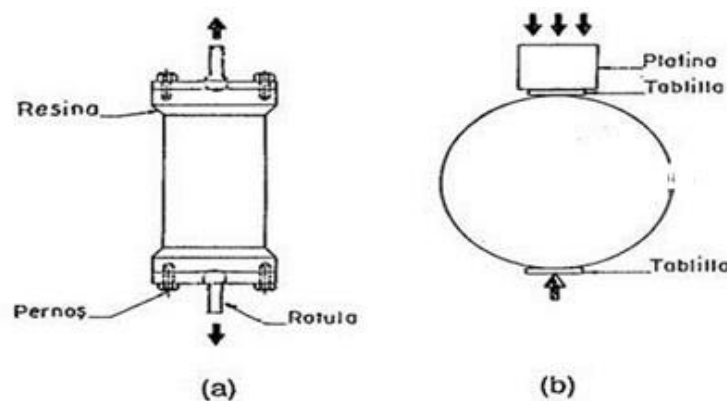


Figura N°18 Esquema típico del ensayo de tracción indirecta (ASTM C496)

2.1.1.1.3.1 FORMAS O MODOS DE FALLAS EN ENSAYOS DE TRACCIÓN INDIRECTA.

Tanto en los ensayos de tracción indirecta como en los demás ensayos realizados al hormigón se evidencian fallas durante su ejecución, muchos de estos ensayos identificar el tipo de falla es muy importante para saber cómo se comportara el hormigón o el motivo de su baja resistencia cuando se dé el caso, por este motivo se recomienda en normas realizar un mínimo de tres probetas para cada ensayo y tener resultados eficientes en sus cálculos.

Según la norma ASTM C1144 - 89 (ASTM, 1989) construye que las muestras de hormigón se deben inspeccionar visualmente después de la fractura. El rechazo de la prueba se basa en la aparición fallas observables de compresión, cortante o una falla por defecto superficial.

Hay dos modos de fractura que indican una prueba válida, falla de tracción normal y falla de triple hendimiento, las cuales pueden ser seguidas por fragmentación adicional severa de la región vertical central de la muestra. Un tercer tipo de falla o fractura, llamada falla de compresión y cortante, invalida el resultados de las pruebas. Debido a la variedad de posibles fracturas y porque no hay manera satisfactoria para predecir cómo se producen, la muestra debe ser examinada después de la prueba para calificar los resultados. (Urrutia R, 2011).

a) FALLA DE TRACCIÓN NORMAL

En la falla de tracción normal, la probeta se divide a lo largo del diámetro de carga (ver figura N°19 (a)). Esta es la falla ideal y se puede utilizar para calcular la tensión de tracción indirecta. Inicialmente, la fractura no está completamente extendida entre ambos bloques de carga. La carga que inicia la fractura se utiliza para calcular la tensión de rotura. (Urrutia R, 2011).

b) FALLA DE TRIPLE ENDIMIENTO

La falla de triple endimiento es una variación en la falla de tracción normal en que la muestra se divide en cuatro trozos de igual tamaño, dos a cada lado del diámetro con carga (ver figura N°19 (b)). Las pruebas que presenta este fallo también producen valores válidos de resistencia a la tracción. Se puede producir fragmentación adicional cuando la fractura se ha iniciado en el plano diametral. (Urrutia R, 2011).

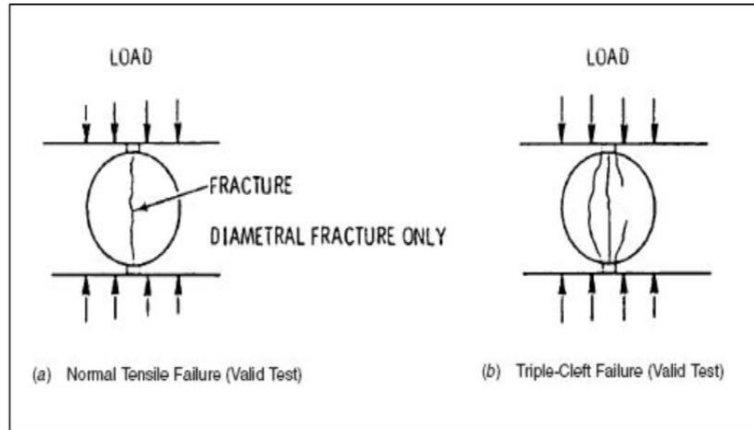


Figura N° 19 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Urrutia, 2011)

c) FALLA DE COMPRESIÓN O CORTE

En la falla de compresión y de corte, la muestra se tritura cerca de los bloques de carga sin agrietarse a través del diámetro, o la muestra puede fallar cerca de la plataforma de carga, debido a un aplastamiento local o por fracturamiento en cualquier ángulo lejos de la carga diametral (Ver figura 20). En algunos casos, la muestra puede cambiar de forma antes de la fractura o no se puede fracturar en absoluto. Las pruebas con este tipo de falla o deformación no se pueden utilizar para calcular la resistencia a la tracción, y las tensiones calculadas a partir de estas pruebas no son reportadas como resistencia a la tracción. La elección del plato de carga puede evitar este tipo de falla en algunos casos. (Urrutia R, 2011).

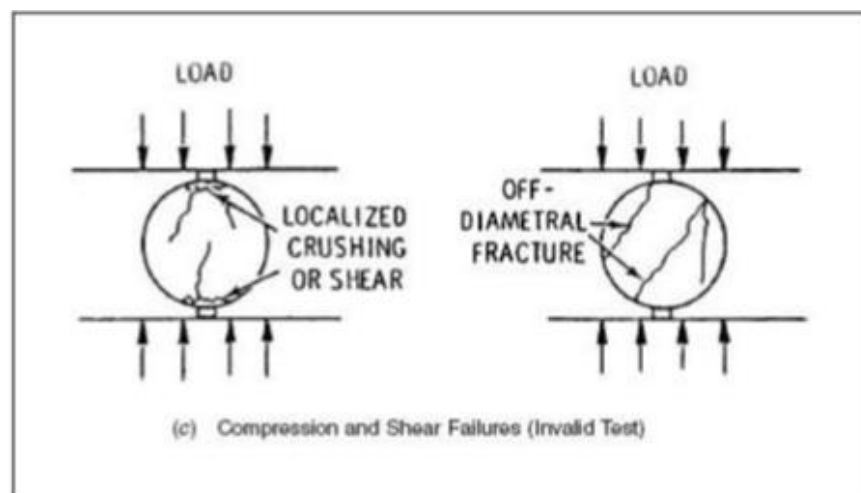


Figura N°20 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido (Urrutia, 2011)

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

El uso de productos adherentes influye en el aumento de la resistencia de la junta fría en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1.1. Variable Independiente:

Tipo de variable: Variable cuantitativa continua.

Productos adherentes para las juntas frías en concreto.

3.2.1.2. Variable Dependiente:

Tipo de variable: Variable cuantitativa continua.

Propiedades mecánicas.

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos.

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la adherencia.
- Resistencia a la tracción.

3.3. Operacionalización de variables:

Tabla 04 Operacionalización de la variable dependiente (Elaboración propia)

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Propiedades mecánicas	Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos	Resistencia a la compresión ASTM C39	Área	Diámetro
			Fuerza	Kg
		Resistencia a la adherencia ASTM C882	Área	Área elíptica
			Fuerza	Kg
		Resistencia a la tracción indirecta ASTM C496	Área	Longitud
			fuerza	Kg

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

El diseño de investigación elegido en esta tesis, es el diseño Cuasi-Experimental, este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, se puede manipular los dos epóxicos en las juntas frías de concreto para observar lo cambios, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente de estudio.

4.2. Material.

4.2.1. Unidad de estudio.

Para la evaluación de la presente investigación se toma en cuenta como unidad de estudio un concreto estructural de 210 kg/cm², el cual será ensayado bajo las Normas Técnicas Peruanas vigentes.

4.2.2. Población.

La Población para el trabajo de investigación, está conformada por el concreto estructural de 210 kg/cm² con productos adherentes.

4.2.3. Muestra.

Las muestras requeridas para realizar el estudio consisten en concreto, el cual tiene como materia prima: el Cemento Portland Tipo Ico de la Empresa Pacasmayo, arena, piedra de 1/2" de la cantera el milagro y los adhesivos a utilizarse.

Nota: Para el cálculo de la muestra se aplicó un muestreo probabilístico basado en el antecedente más actual. Esta muestra corresponde al número de repeticiones.

Tabla 05 Muestra, Antecedente Universidad Nacional de Cajamarca (2013)

Muestra	$\delta = F_c'$ (kg/cm ²)
1	205.79
2	219.36
3	211.06

Prom= 212.07

Error (2.8%)= 5.93

Z =Confiability (95%)= 1.96

S = 6.841

$$n = \frac{s^2 * z^2}{E^2}$$

Número de repeticiones= 5

Tabla 06 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)

Tiempo de Rotura (días)	Resistencia a la compresión (Und)	Resistencia a la tracción (Und)	Contrastación (Und)
7	5	5	30
14	5	5	
28	5	5	
Total	15	15	

Tabla 07 Cuadro de Variables (Elaboración propia)

Variable Independiente		Variable Dependiente	
Tiempo de rotura		Productos epóxicos	
		Ensayos	
B1	7 días	A1	Resistencia a la compresión
B2	14 días	A2	Resistencia a la tracción

$N = V.I \times V.D \times N^\circ \text{ repeticiones}$
 $N = (a \times b) \times V.D \times N^\circ \text{ repeticiones}$
 $N = ((2 \times 2) \times 2 \times 5)$
 $N = 40 \text{ probetas}$

VI: Variable Independiente.
 VD: Variable Dependiente.
 a: Número de productos epóxicos.
 b: Número de edades de evaluación.

Tabla 08 Número total de probetas (Elaboración propia)

Número de especímenes patrón	Número de especímenes con adhesivo	Total de probetas
30	40	70

Además, la muestra seleccionada por este método cumple los requisitos mínimos propuestos por el American Concrete Institute (ACI), el cual establece en el apartado 318-14, que para muestras se conformen 3 probetas por cada nivel de estudio y variable. También se pretende cubrir los suficientes datos de cada ensayo para brindar excelentes resultados.

Asimismo, se usará, cemento Pacasmayo Tipo Ico, agua potable, arena gruesa, grava de 1/2" y los aditivos Chema Epox adhesivo 32 y Sikadur 32 gel.

Por ello se conformarán 5 probetas por nivel de estudio y por variable; elaborándose 122 Kg de mezcla de concreto para realizar ensayos en estado fresco y 70 probetas cilíndricas de concreto para ensayos en estado endurecido.

Resistencia a la Compresión y Tracción Indirecta: Se elaborará 70 probetas de concreto en estado endurecido, 30 tendrán las dimensiones de 7.5 cm de diámetro por 15 cm de altura y serán completamente monolíticas, 40 serán conformadas por dos secciones, para efectuar el ensayo a compresión conforme a la NTP 339.034 ("Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas").

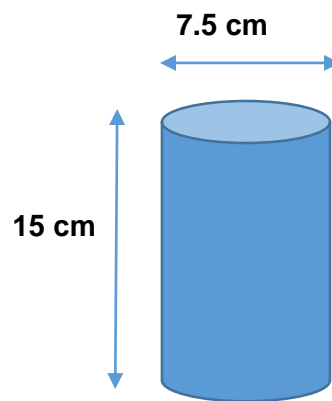


Figura N°21 Probetas para ensayo a compresión y tracción indirecta Monolíticas
(Elaboración propia)

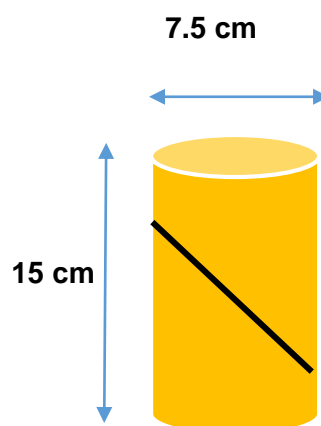
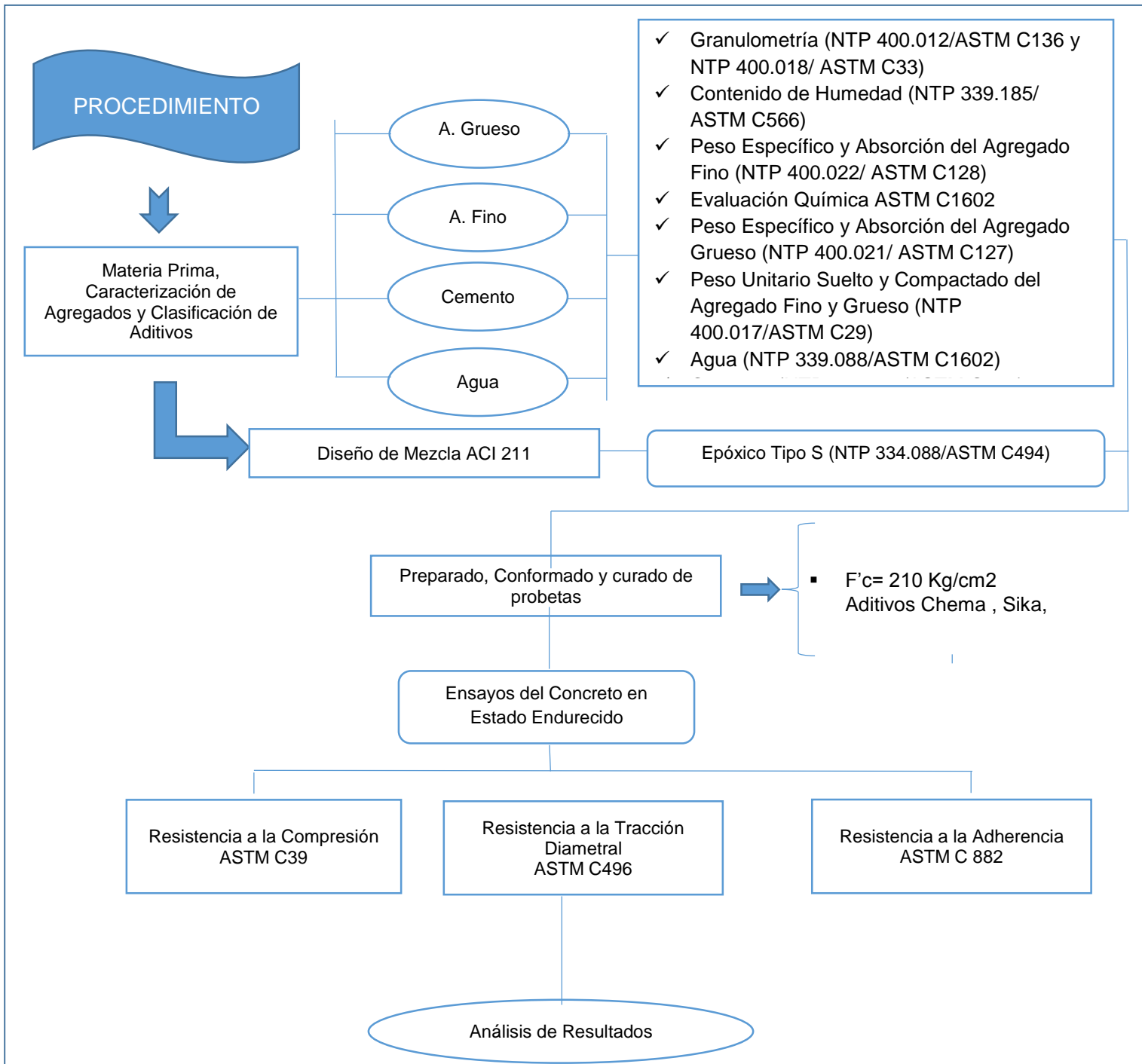


Figura N°22 Probetas para ensayo a compresión y tracción indirecta conformadas en dos secciones
(Elaboración propia)

4.3. Métodos y Procedimientos.

4.3.1. Procedimientos

La siguiente tabla presenta el circuito experimental realizado para esta investigación:



4.3.2. Materia prima

a) Cemento

Para el presente proyecto de investigación se utiliza el Cemento Tipo Ico para la elaboración de un concreto convencional, el cual es suministrado por Cementos Pacasmayo y es considerado para uso general con adiciones. Este cemento cumple con la NTP 334.090/ASTM C595, para cementos adicionados. Sus principales características físicas, químicas y principales propiedades se pueden observar en la ficha Técnica que brinda Cementos Pacasmayo (Ver Anexo 5).

Además, el cemento se adquirió en la Tienda Sodimac ubicado en Av. Mansiche, Trujillo 13007. Asimismo, el precio de compra es de S/. 22.80 c/u bolsa de cemento, tal y como se muestra. (Ver Anexo 6).

b) Agua

Para el amasado y curado de la mezcla de concreto se utilizó agua potable de la ciudad de Trujillo, ya que es el lugar donde se realizó la presente tesis.

c) Agregado

Para la elaboración de la investigación se partió en buscar un agregado que este más accesible y cerca al lugar de la investigación. Empleamos los agregados de la cantera de El Milagro.

d) Aditivos Epóxicos

Para el desarrollo de la presente tesis se adquirió los Adhesivos Epóxicos de las empresas con más ventas a nivel nacional según el estudio de Ing. Ezequiel Campos (Chema Adhesivo 32 y Sikadur 32) el primero se adquirió en la distribuidora Promart center en Real Plaza, Prolog. Vallejo - Trujillo.

Por otro lado el aditivo Sikadur 32 se adquirió a través de una solicitud (Ver Anexo 2), con lo cual se recogió de la misma Universidad Privada del Norte. Asimismo, las principales características, propiedades, especificaciones, dosificaciones, etc. de cada aditivo se detallan en su Hoja Técnica (Ver Anexos 3y 4).

4.3.3. Clasificación de agregados

a) Ensayo granulométrico del agregado fino (NTP 400.012/ASTM C136)

- Se pesa tres muestras de agregado fino de 1000 gr cada una para ser ensayadas. Después se pesa cada tamiz para poder obtener el peso de cada uno. (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Fondo).
- Luego se coloca los tamices de manera ordenada desde un diámetro mayor a menor (desde la N°4 hasta la N°200), consecutivamente se coloca en la mesa vibratoria.
- Seguido se coloca la muestra en los tamices y luego se prendió la mesa vibratoria por cinco minutos.

- Al terminar el tiempo de vibración, se pesa cada tamiz con la muestra retenida en una balanza analítica de 0.1 gramos con capacidad de 2000 gramos, y así obtener el peso retenido.
- El mismo proceso se realiza para las tres muestras. Se debe tener en cuenta los límites de la NTP 400.018 y ASTM C33. El módulo de finura se calcula con la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum - \% \text{retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4,8,16,30,50,100}{100}$$

Tabla 09 Esquema del análisis granulométrico fino (Elaboración propia)

N°Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra (gr)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°1/2"	12.5						
N°3/8"	9.5						
N°4	4.75						
N°8	2.36						
N°16	1.18						
N°30	0.60						
N°50	0.30						
N°100	0.15						
N°200	0.08						
Fondo	0						
Sumatoria							
M.F=							

Asimismo, el agregado Fino debe cumplir con los requisitos mínimos impuestos por la ASTM C33, la cual se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10 Límites granulométricos del agregado fino (NTP 400.018/ ASTM C33)

Límites granulométricos del agregado fino			
Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
3 / 8"	9.50	100	100
N°4	4.75	95	100
N°8	2.36	80	100
N°16	1.18	50	85
N°30	0.60	25	60
N°50	0.30	5	30
N°100	0.15	0	10
N° 200	0.075	0	5

b) Ensayo granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012/ASTM C136)

- Se pesa tres muestras de agregado grueso de 2000 gr cada una para ser ensayadas.
- Después se pesa cada tamiz para poder obtener el peso de cada uno. (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y Fondo).
- Luego se coloca los tamices de manera ordenada desde un diámetro mayor a menor (desde 2" hasta la N°8), consecutivamente se coloca en la mesa vibratoria.
- Seguido se coloca la muestra en los tamices y luego se prendió la mesa vibratoria por cinco minutos.
- Al terminar el tiempo de vibración, se pesa cada tamiz con la muestra retenida, para así obtener el peso retenido en cada tamiz.
- Este mismo proceso se realiza para las tres muestras y el tamaño máximo y tamaño máximo nominal se calcula según lo establecido en la NTP 400.012 y ASTM C136.
- Se debe tener en consideración dos factores importantes en este proceso.

Tamaño máximo nominal: Es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

Tamaño máximo: Malla de tamaño inmediatamente superior al del tamaño máximo nominal.

Tabla 11 Esquema del análisis granulométrico del agregado grueso

N°Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (gr)	Peso de tamiz + Muestra (gr)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°2	50.80						
N°1 1/2"	38.10						
N°1	25.40						
N°3/4"	19.05						
N°1/2"	12.70						
N°3/8"	9.50						
N°4	4.75						
N°8	2.36						
Fondo	0						
Sumatoria							
TMN=							
TM=							

Además, el agregado Grueso debe cumplir con los requisitos mínimos impuestos por la ASTM C33 para un TMN de ½", la cual se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12 Límites del análisis granulométrico del agregado grueso

Límites granulométricos del agregado grueso (1/2")			
Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
N°1 ½"	38.10	100	100
N°1	25.40	100	100
N°3/4"	19.05	100	100
N°1/2"	12.70	90	100
N°3/8"	9.50	40	70
N°4	4.75	0	15
N°8	2.36	0	5

c) Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185/ASTM C566)

- Se toma el peso de tres taras para colocar la muestra de agregado fino (1000 gr) y otras tres taras para colocar la muestra de agregado grueso (2000 gr).
- Luego se coloca cada muestra en cada tara y se toma el peso en estado natural (Ph) en una balanza analítica.
- Después se coloca en la estufa a una temperatura de 100°C ± 5°C por 24 horas y se pesa (Ps).
- Este procedimiento se realiza tanto para el agregado Fino como Grueso. Así mismo mediante la siguiente fórmula se calcula el contenido de humedad:

Ecuación 2: Contenido de humedad

$$W\% = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

Ph: Peso en estado natural de la muestra.

Ps: Peso seco de la muestra.

Además, la ASTM C566 no indica rangos específicos para el contenido de humedad de los agregados, sin embargo, exige que el contenido de humedad sea menor que la absorción. Asimismo, exige una desviación estándar máxima de 0.92% para tres valores.

Tabla 13 Esquema del contenido de humedad de los agregados

Material	Número	Peso de la tara (gr)	Peso de la tara + Muestra natural (gr)	Peso de la tara + Muestra seca (gr)	Peso de la muestra seca (gr) "Ph"	Peso de la muestra seca (gr) "Ps"	Humedad (%) "W"
Agregados	E1						
	E2						
	E3						
Promedio							

d) Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017/ASTM C29)

Esta Norma establece la determinación de la densidad de masa (Peso Unitario) del agregado en condición suelto o compactado tanto para el agregado fino como grueso, y así poder establecer las proporciones de mezclas correctas.

- Se obtiene el peso del molde vacío.
- Luego se vierte agua en el molde hasta llenarlo, consecutivamente se toma el peso, esto nos sirve para calcular el volumen (V) m³ del molde.
- Después se vierte la muestra de agregado en el molde a una altura aproximada de 15 centímetros sobre el borde superior del molde, hasta llenarlo (Para el caso del peso unitario compactado se hace en 3 capas iguales de material en el recipiente, cada capa se compacta uniformemente en todo el recipiente con una varilla normada 25 veces y con un martillo de goma de 500 gr se golpea el molde 12 veces de forma circular y se enraza la superficie). Para el peso suelto se llena el material sin compactación (estado natural).
- Se enraza la superficie.
- Finalmente se pesa el molde con la muestra y mediante esta fórmula se determina el peso unitario suelto y compactado.
- Los resultados se calcularon con las siguientes formulas:

$$PUSS = \frac{\text{Peso unitario suelto} \cdot \text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Peso unitario compactado

$$PUSC = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Además la ASTM C29 indica rangos específicos para el peso unitario suelto de 1500-1800 Kg/m³ y 1400-1600 Kg/m³ para el agregado fino y grueso respectivamente, asimismo para el peso unitario compactado de 1600-1900 Kg/m³ y 1500-1700 Kg/m³ para el agregado fino y grueso respectivamente.

Por otro lado la ASTM C29 exige una desviación estándar máxima de 46 Kg/m³ para el agregado fino y grueso utilizando tres valores.

Tabla 14 Esquema del volumen del molde de peso unitario

Material	Número	Peso del molde (kg)	Peso del molde + Agua (kg)	Peso del Agua (Kg)	Factor del agua (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen del Agua	E1				997.5	
	E2				997.5	
	E3				997.5	
					Promedio	

Tabla 15 Esquema de peso unitario suelto y compactado de los agregados

Material	Número	Peso del molde (kg)	Peso del molde + Muestra suelta (kg)	Peso del molde + Muestra compactada (kg)	Peso de la muestra suelta (Kg)	Peso de la muestra compactada (Kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (Kg/m ³)	Peso unitario compactado (Kg/m ³)
Agregados	E1								
	E2								
	E3								
							Promedio		

e) Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017/ASTM C29)

- Este ensayo inicia con la preparación de la muestra por cuarteo, utilizando aproximadamente 1000 gr del material seleccionado, para ser sumergida en agua por 24 horas.
- Luego se toma la muestra y se coloca en una bandeja de metal la cual se debe poner sobre una cocina pequeña para secarla uniformemente hasta llegar a un estado de seca superficialmente.

- Después se toma el cono con diámetro inferior de 90 mm y diámetro superior de 40 mm y se rellena con tres capas iguales compactando 25 veces cada capa con el pisón de un peso de 340 gramos y con un diámetro de 25 mm. Si al quitar el cono, la muestra se derrumba 1/3 del toda la muestra desde arriba hacia abajo, esto demuestra que el agregado ha alcanzado su condición saturada superficialmente seca. Si no ocurre esto se debe volver a hacer el mismo procedimiento.
- En el caso que se cumplan todas las condiciones anteriores, se toma el peso de la fiola con agua hasta 500 ml (B), luego se bota el agua, se coloca la muestra en la fiola, llena con agua hasta 500 ml y se procede a eliminar todas las burbujas de aire, haciendo rodar la fiola durante un minuto o el tiempo que sea necesario, sobre una superficie plana.
- Consecutivamente se pesa la fiola con el agua y la muestra (C), se deja reposar la muestra dentro de la fiola para que esta se asentara. Después se bota el agua, la muestra se pone en una tara cuidadosamente (D) y se coloca en la estufa a 100 ° C aproximadamente 24 horas.
- Finalmente se obtiene el peso de la muestra seca al horno (A). Y con las siguientes formulas se determina el peso específico y absorción.

Densidad seca del agregado fino

$$\text{Densidad Seca} = \frac{A}{B + D - C}$$

Densidad saturada superficialmente seca del agregado fino

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca (S.S.S)} = \frac{D}{B + D - C}$$

Densidad aparente del agregado fino

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

Absorción del agregado fino

$$\text{Absorción(\%)} = \left(\frac{D - A}{A} \right) \times 100(\%)$$

Donde:

- A=Peso al aire de la muestra seca (gr)
- B=Peso de la fiola aforado lleno de agua (gr)
- C=Peso total de la fiola con muestra y llena de agua (gr)
- D=Peso de la muestra saturada, con superficie seca (gr)

Además la ASTM C128 indica rangos específicos para la densidad de 2.5-3 g/cm³ y una absorción entre 0.2-5% para el agregado fino.

Por otro lado la ASTM C128 exige una desviación estándar máxima de 31 g/cm³ y 0.36% para la densidad y absorción respectivamente utilizando tres valores.

Tabla 16 Esquema de peso específico y absorción del agregado fino

Material	Número	Peso de la muestra seca al horno (gr) "A"	Peso de fiola + agua (gr) "B"	Peso de fiola + agua + Muestra (gr) "C"	Peso de la muestra saturada (gr) "D"	% Absorción	Densidad seca (gr/cm ³)	Densidad saturada superficialmente seca (gr/cm ³)	Densidad aparente (gr/cm ³)
Agregado Fino	E1								
	E2								
	E3								
Promedio									

f) Gravedad específica y absorción del agregado grueso (NTP 400.021/ASTM C127)

- Este ensayo inicia cuando se prepara la muestra por cuarteo (2000 gr).
- Luego se sumerge la muestra dentro del agua por un periodo de 24 horas.
- Después se saca la muestra y se seca superficialmente, consecutivamente se tamiza por la malla No. 4 para poder eliminar material fino.
- Se procede a pesar la muestra saturada (B).
- Se coloca en la canasta de alambre suspendida y se procede a tomar el peso suspendido en el agua a una temperatura de 20°C (C).
- Finalmente se seca la muestra a una temperatura de 100°C ± 5°C en el horno, para así tomar el peso seco (A).
- La gravedad específica o peso específico y absorción se determinan con las siguientes fórmulas:

Densidad seca del agregado grueso

$$Densidad\ seca = \frac{A}{B - C}$$

Densidad saturada superficialmente seca del agregado grueso

$$Densidad\ saturada\ superficialmente\ seca = \frac{B}{B - C}$$

Densidad aparente del agregado grueso

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción del agregado grueso

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100(\%)$$

Donde:

- A: Peso en el aire de la muestra seca (gr).
- B: Peso en el aire de la muestra saturada (gr).
- C=Peso suspendido de la muestra (gr)

Además, la ASTM C127 indica rangos específicos para la densidad de 2.4-2.8 g/cm³ y una absorción entre 0.2-3% para el agregado grueso.

Por otro lado, la ASTM C127 exige una desviación estándar máxima de 23 g/cm³ para la densidad y no muestra un rango para la absorción utilizando tres valores.

Tabla 17 Esquema de peso específico y absorción del agregado grueso

Material	Número	Peso de la muestra seca al horno (gr) "A"	Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) "B"	Peso de la muestra sumergida en agua (gr) "C"	% Absorción	Densidad seca (gr/cm ³)	Densidad saturada superficialmente seca (gr/cm ³)	Densidad aparente (gr/cm ³)
Agregado Grueso	E1							
	E2							
	E3							
Promedio								

4.3.4. Diseño de Mezcla (ACI 211)

El procedimiento de diseño se realiza según al procedimiento que manda el American Concrete Institute ACI-211.

Paso 1: Selección del asentamiento (pulg.) según el tipo de estructura:

Tabla 18 Asentado según el tipo de construcción (ACI 211)

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento (pulg.).	
	Máximo	Máximo
Muros de cimentación y zapatas	3"	1"
Cajones de cimentación	3"	1"
Vigas y muros	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Se consideró un Asentamiento de 1" a 2" enfocado en el diseño del molde de las probetas, se necesitó una mezcla seca para una buena trabajabilidad.

Paso 2: Elección del tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN) del agregado.

Según nuestros ensayos de granulometría se obtiene un Tamaño máximo de ¾" y un Tamaño Máximo Nominal de ½".

Tabla 19 Consideraciones según el TM del agregado

El tamaño máximo no debe exceder
-1/5 del espacio más angosto entre las formas laterales
-1/3 del espesor de la losa
-3/4 del espacio libre entre las varillas y alambres individuales del refuerzo

Paso 3: Cálculo del agua de mezclado

Se selecciona el agua de mezclado según el TMN y el Asentamiento establecido anteriormente, teniendo en cuenta que se trabaja con un concreto sin aire incorporado.

Tabla 20 Elección del agua de mezcla según el TMN y el asentamiento

Asentamiento (pulg.)	Agua en lts./m ³ , para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8"	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	---

Paso 4: Contenido de aire

Se selecciona el contenido de aire según la Tabla N°21.

Tabla 21 Contenido de aire en el concreto según TMN (ACI 2011)

TMN (Pulg.)	Aire atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Paso 5: Definición del $f'c$ y $f'cr$

La investigación se diseña para un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Se calcula el $f'cr$ (Esfuerzo a la compresión corregido o promedio) según la Tabla 22.

Tabla 22 Esfuerzo a compresión corregida según los índices de seguridad

$f'c$	$f'cr$
< 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

$$f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2.$$

Paso 6: Cálculo de la relación agua/cemento y material cementante

Para el siguiente cálculo se debe interpolar los valores que nos muestra la Tabla 23.

Tabla 23 Relación agua/cemento según el esfuerzo a compresión

$f'c$ (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
210	0,68	0,59
250	0,62	0,53
280	0,57	0,58
300	0,55	0,46
350	0,48	0,4
400	0,43	-----
450	0,38	-----

250 ----- 0.62
294----- r a/c
300----- 0.55

$$r=a/c=0.558 \Rightarrow \text{Cemento} = 356.37 \text{ kg/m}^3$$

Paso 7: Peso volumétrico del Agregado Grueso

Se basa en el volumen unitario del concreto, expresado por la relación de b/b_0 en donde b es el volumen de las partículas de agregado grueso por metro cúbico de concreto y b_0 es el volumen de las partículas del agregado grueso por metro cúbico de agregado grueso.
Donde b_0 es:

$$b_0 = MUC/dg = 1610/2620 = 0.615$$

La Tabla N°24 muestra los valores de b/b_0 , en función del TMN y del módulo de finura.

Tabla 24 Peso volumétrico del agregado según el MF y TMN

TMN	Volumen del agregado grueso seco y compactado ; por unidad de volumen del concreto para diferentes M.F			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Para MF= 2.5, el valor será 0.58

$$A.G = (b/b_0) \times b_0 = 0.58 \times 0.615 = 0.3567 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 2.5 \times 0.3567 \times 1000 = 933.8 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Volúmenes de los componentes del concreto

Se calcula los volúmenes de los demás componentes del concreto de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} V.Agua &= 199/1 \times 1000 = 0.1990 \text{ m}^3 \\ V.Cemento &= 356.37/3 \times 1000 = 0.118 \text{ m}^3 \\ V.Aire &= 2.5/100 = 0.0250 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Paso 9: Cálculo del contenido del agregado fino

$$VAF=1-(0.025+0.199+0.118+0.0250) =0.291 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado fino} =2.64 \times 0.291 \times 1000= 768.27 \text{ kg/m}^3$$

Paso 10: Corrección de los agregados por humedad

Se realiza una corrección por el contenido de Humedad que tienen los Agregados en su estado natural.

$$\text{Agregado fino} =768.27 \times (1+1.04/100) =776.26 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} =933.80 \times (1+0.97/100) =942.90 \text{ Kg/m}^3$$

Paso 11: Corrección de agua por absorción de los agregados.

Se realiza una corrección el grado de absorción que tienen los Agregados en su estado natural.

$$\text{Agua corregida} =216+768 \times (1.47-1.04) /100 + 933 \times (2.76-0.97) /100=219.02 \text{ Kg/m}^3$$

Paso 12: Diseño de mezcla final

Tabla 25 Diseño de mezcla por m³ y porcentaje

ELEMENTO	PESO SECO (Kg/m ³)	PESO CORREGIDO POR HUMEDAD(kg/m ³)
CEMENTO	356	356
AGUA	216	219
GRAVA	934	943
ARENA	768	776
TOTAL	2274	2295

4.3.5. Ensayo de las probetas endurecidas

4.3.4.1 Determinación de la resistencia a la compresión ASTM C39

En primer lugar, se retiraron las probetas de la poza de curado y se secaron sus superficies para una correcta adherencia de la capa de azufre. Luego, se procedió a tomar las medidas del diámetro y altura de la probeta. El diámetro obtenido se utilizó para calcular el área de la superficie de la probeta. Después, se nivelaron las superficies con neopreno. A continuación, se colocó y alineó la probeta en la máquina a compresión para su respectivo ensayo. Donde se le aplicó carga de manera continua hasta que se produjo su rotura. Por último, se tomó lectura de la carga máxima soportada por la probeta en kilo Newton, para luego realizarse el siguiente cálculo:

$$F'c = \frac{F}{A}$$

F: Carga máxima de rotura

A: Área de la superficie puesta a compresión

4.3.4.2 Determinación de la resistencia a la adherencia ASTM C-882

Este método de prueba cubre la determinación de la fianza resistencia de los sistemas de unión a base de resina epoxi para usar con concreto portland-cemento. Este método de prueba cubre la vinculación concreta endurecido a concreto endurecido o recién mezclado.

La resistencia de la unión se determina mediante el uso de epóxico, el sistema para unir dos secciones iguales del cilindro de concreto con dimensiones de 3 por 6 pulgadas [75 por 150 mm], cada sección tiene un área de unión de colada diagonal en un ángulo de 30 ° desde la vertical. Después del curado adecuado del agente de unión, la prueba es realizada determinando la resistencia a la compresión del cilindro compuesto. Calcule la resistencia de la unión de la resina sistema al dividir la carga transportada por la muestra en caso de falla por el área de la superficie unida.

$$F'c = \frac{F}{A}$$

F: Carga máxima de rotura

A: Área de la superficie unida

NOTA 1-El área de la superficie de unión elíptica de los cilindros de prueba especificado en este método de prueba es 14.13 in.2 [9116 mm2].

4.3.4.3 Determinación de la Resistencia a la Tracción por compresión Diametral ASTM C 496-96

Está establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y testigos diamantinos.

Resumen del método

Este ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura. La carga se aplicará en forma continua y evitando impactos, a una velocidad constante dentro del rango de $7.13 \pm 14.7 \text{ Kgf/cm}^2/\text{min}$ hasta que falle el espécimen por el esfuerzo a tracción por compresión diametral.

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral (Kg/cm^2).

P= Máxima carga aplicada (Kg)

L= longitud (m)

D= Diámetro (m)

4.3.6. Métodos y procedimiento de análisis de datos

4.3.5.1 Media Aritmética o Promedio

Se suman los datos de cada ensayo, marca de epóxico y días de rotura según la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto

4.3.5.2 Varianza

Para poder determinar la varianza de nuestros todos nuestros ensayos, se reemplaza los datos hallados de cada ensayo, marca de aditivo y edad de rotura en la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

\bar{x} = Media Aritmética.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto.

4.3.5.3 Desviación Estándar

Para hallar la desviación estándar de los ensayos realizados se utiliza los resultados de la varianza en la siguiente fórmula:

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

DS = Desviación estándar

σ^2 = Varianza

4.3.5.4 Coeficiente de Variación

Para poder hallar el coeficiente de variación se utiliza la desviación estándar de cada ensayo realizado en la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de Variación

DS = Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

4.3.5.5 Representación Gráfica

Sé utilizará diagramas de barras para resumir el conjunto de datos por categorías, mostrará los datos usando barras de la misma anchura, cada una de las cuales representa una categoría. La altura es proporcional a una agregación específica.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Caracterización de agregados:

5.1.1. Agregado fino:

Tabla 26 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)

Ensayo	Norma	Resultado	Rango
Análisis granulométrico	NTP 400.012 / ASTM C136		Ver límites granulométricos
Modulo de finura		2.50	2.3 - 3.1
Material más fino que pasa tamiz N°200 (%)	NTP 400.018 / ASTM C117	1.00	Máximo 3% para concretos sujetos a abrasión y 5% para otros concretos.
Contenido de humedad	NTP 339.185/ ASTM C566	1.00	-
Peso unitario suelto (kg/m ³)	NTP 400.017 / ASTM C29	1570	-
Peso unitario Compactado (kg/cm ³)		1720	-
Peso específico aparente (kg/m ³)	NTP 400.022 / ASTM C128	2700	-
Absorción (%)		1.47	-
Finos lavado (%)	ASTM C117	3.00	<5%

5.1.2. Agregado Grueso:

Tabla 27 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)

Ensayo	Norma	Resultado	Rango
Análisis granulométrico	NTP 400.012 / ASTM C136	TMN 12.70 mm (1/2)"	Ver límites granulométricos
Material más fino que pasa tamiz N°200 (%)	NTP 400.018 / ASTM C117	0	Máximo 1%.
Contenido de humedad	NTP 339.185/ ASTM C566	0.97	-
Peso unitario suelto (kg/m ³)	NTP 400.017 / ASTM C29	1450	-
Peso unitario Compactado (kg/cm ³)		1610	-
Peso específico aparente (kg/m ³)	NTP 400.022 / ASTM C128	2750	-
Absorción (%)		1.47	-

5.1.3. Propiedades Físicas de los agregados.

Tabla 28 Tabla de la cantidad de especímenes de contrastación (Elaboración propia)

Propiedades físicas de los agregados		
Caracterización	Agregado fino	Agregado grueso
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1570	1450
Peso unitario compactado (kg/cm ³)	1720	1610
Densidad específica aparente (kg/m ³)	2750	2750
Tamaño máximo	-	¾"
Tamaño máximo nominal	-	½"
Módulo de finura	2.50	-
Contenido de humedad (%)	1	0.97
Absorción (%)	1.47	2.76

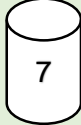
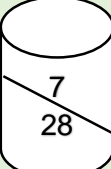
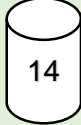
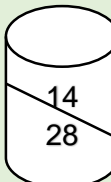

5.2. Diseño de mezcla

Tabla 29 Propiedades de los agregados (Elaboración propia)

Material	PESO SECO (Kg/m ³)	PESO CORREGIDO POR HUMEDAD(kg/m ³)
Agregado grueso	356	356
Agregado Fino	216	219
Cemento	934	943
Agua	768	776
Total	2274	2295

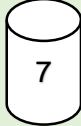
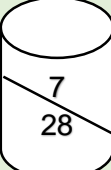
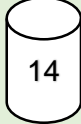
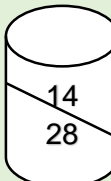

5.3. Resistencia a la compresión

Tabla 30 Resistencia a la compresión obtenida (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)				
Tiempo de Rotura (días)	Monolítico	Tiempo de Rotura (días)	Adhesivos epóxicos	
			Sika	Chema
	144.76		217.08	121.37
	168.13		231.36	147.05
	211.14			

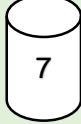
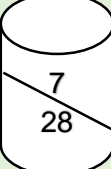
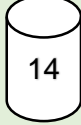
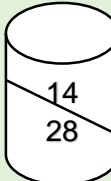

5.4. Resistencia a la adherencia

Tabla 31 Resistencia a la adherencia obtenida (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia promedio (kg/cm ²)				
Tiempo de Rotura (días)	Monolítico	Tiempo de Rotura (días)	Adhesivos epóxicos	
			Sika	Chema
	-		104.28	58.30
	-		111.15	70.14
	-			

5.5. Resistencia a la tracción.

Tabla 32 Resistencia a la tracción obtenida (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia promedio (kg/cm ²)				
Tiempo de Rotura (días)	Monolítico	Tiempo de Rotura (días)	Adhesivos epóxicos	
			Sika	Chema
	25.91		32.84	34.00
	28.23		36.93	35.49
	35.58			

5.6. Métodos e Instrumentos de Análisis de Datos.

5.6.1. Estadística

5.6.1.1. Prueba de Hipótesis “A”.

El uso de productos adherentes de la empresa Sika influye en el aumento de la resistencia a compresión de concreto de diferentes edades en relación con un concreto monolítico.

H_1 =Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de cilindros con adhesivos y cilindros monolíticos.

H_0 = no existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de cilindros con adhesivos y cilindros monolíticos.

5.6.1.1.1. Determinar “a”

Alfa= 5%=0.05 nivel de error

5.6.1.1.2. Elección de prueba estadística

Tabla 33 Tabla de elección de prueba estadística (Hipótesis “A”) (Elaboración propia)

Variable aleatoria Variable fija		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
		NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL POLITÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Estudio Transversal Muestras Independientes	Un grupo	X ² bondad de ajuste binominal	X ² bondad de ajuste	X ² bondad de ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos grupos	X ² bondad de ajuste corrección de yates test exacto de Fisher	X ² de homogeneidad	U Man Withney	T de Student (muestras independientes)
	Más de dos grupos	X ² bondad de ajuste	X ² bondad de ajuste	H Kruskal - Wallis	Anova con un factor de Intersujetos
Estudio Longitudinal Muestras relacionadas	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Willcoxon	T de Student (muestras relacionadas)
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	Anova para medidas repetidas (INTRAsujetos)

5.6.1.1.3. Normalidad:

Se debe corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuya normalmente. Para ello se utiliza la prueba de Kolmogorov cuando las muestras son mayores a 30 individuos o la prueba de **shapiro wilk** cuando el tamaño de la muestra es menor de 30. El criterio para determinar si la (VA) se distribuye normalmente es:

- P-valor es igual o mayor que “a” Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- P-valor es menor que “a” Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 34 Tabla de Normalidad (Hipótesis "A") (Elaboración propia)

NORMALIDAD		
Monolítico = 0.621	>	a = 0.05
Sika=0.121	>	a = 0.05
Conclusión: La variable Resistencia a la compresión en ambos grupos se comporta normalmente.		

5.6.1.1.4. Igualdad de varianzas (prueba de Levene)

Se debe corroborar la igual de varianzas entre grupos.

- P-valor es igual o mayor que "a" Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales-
- P-valor es menor que "a" Aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 35 Igualdad de varianzas (prueba de Levene) (Hipótesis "A") (Elaboración propia)

IGUALDAD DE VARIANZA		
P- valor = 0.26	>	a= 0.05
Las varianzas de la variable Resistencia son iguales		

5.6.1.1.5. Calcular el p valor de la prueba= T student

Tabla 36 Prueba T student (Hipótesis "A") (Elaboración propia)

PRUEBA T DE STUDENT		
P- valor = 0.00	<	a= 0.05
Se acepta h_1 si hay una diferencia significativa entre la Resistencia a la compresión de los cilindros con adhesivos y los cilindros monolítico		

- P-valor es mayor que "a" Aceptar H_0 = no existe diferencia significativa
- P-valor es menor o igual que "a" Aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre los valores.

5.6.1.2. Prueba de Hipótesis "B"

El uso de productos adherentes de la empresa Sika presenta una diferencia de la resistencia a la compresión con relación a la empresa Chema.

5.6.1.2.1. Normalidad:

- P-valor es igual o mayor que "a" Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- P-valor es menor que "a" Aceptar H_1 = Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 37 Tabla de Normalidad (Hipótesis "B") (Elaboración propia)

NORMALIDAD		
CHEMA = 0.843	>	a = 0.05
SIKA = 0.121	>	a = 0.05
Conclusión: La variable Resistencia a la compresión en ambos grupos se comporta normalmente.		

5.6.1.2.2. Igualdad de varianzas (prueba de Levene)

Se debe corroborar la igualdad de varianzas entre grupos.

- P-valor es igual o mayor que "a" Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales-
- P-valor es menor que "a" Aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla 38 Igualdad de varianzas (prueba de Levene) (Hipótesis "B") (Elaboración propia)

IGUALDAD DE VARIANZA		
P- valor = 0.10	>	a= 0.05
Las varianzas de la variable Resistencia son iguales		

5.6.1.2.3. Calcular el p valor de la prueba= T student

Tabla 39 Prueba T student (Hipótesis "B") (Elaboración propia)

PRUEBA T DE STUDENT		
P- valor = 0.00	<	a= 0.05
Se acepta H_1 si hay una diferencia significativa entre la Resistencia a la compresión de los cilindros con adhesivos sika y los cilindros con adhesive chema.		

- P-valor es mayor que "a" Aceptar H_0 = no existe diferencia significativa
- P-valor es menor o igual que "a" Aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre los valores.

5.7. Evaluación económica de las alternativas:

Tabla 40 Evaluación económica de las alternativas (Elaboración propia)

Aditivo Epóxico	Rendimiento (kg/m ²)	Área total por kg (m ²)	Costos por kg (S/.)	Area Promedio de columna de 30x30 (m ²)	Nº de columnas por 1kg	Incremento de costo por columna (S/.)
Sikadur 32	0.3 - 0.5	2.5	58.90	0.09	28	2.10
Chema epox adhesive 32	0.5 - 0.7	1.67	78.00	0.09	19	4.10

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

Se procedió a realizar un análisis que nos muestre si el adhesivo mejora las resistencias mecánicas, con esto evaluamos los resultados obtenidos anteriormente en la evaluación de las juntas frías entre concreto endurecido y concreto recién mezclado.

Para los diferentes ensayos fue oportuno realizar un análisis físico de la materia prima (Grava de TMN ½" y arena gruesa), también se tuvo que determinar los adhesivos adecuados.

Posteriormente se realizó un concreto estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo al método de ACI-211, y se fabricaron testigos de 7.5 cm de diámetro por 15 cm de altura (relación 1:2) para ser evaluados en estado endurecido (Resistencia a la compresión, tracción y adherencia) en edades 7, 14, 28 días, siendo unidos por CHEMA EPOX ADHESIVO 32 y SIKADUR 32 GEL.

6.1. Caracterización de la materia prima:

6.1.1. Agregado fino:

La caracterización del agregado fino es importante, ya que, nos brinda un correcto diseño de mezcla, a continuación, en la Tabla N°41 se presentan los resultados contrastados con los requisitos mínimos que exige la Norma Técnica Peruana para ser utilizados en el diseño de mezcla de un concreto.

Tabla 41 Tabla de la caracterización del agregado fino (Elaboración propia)

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO	
Caracterización	Agregado Fino
Peso Unitario Suelto (kg/cm^2)	1570
Peso Unitario Compactado (kg/cm^2)	1720
Densidad Específica Seca (kg/cm^2)	2.64
Densidad Específica S.S.S (kg/cm^2)	2.68
Densidad Aparente (kg/cm^2)	2.75
Módulo de Finura	2.50
Contenido de Humedad (%)	1.05
Absorción (%)	1.47

La granulometría del material juega un papel importante dentro del concreto porque su graduación de las partículas es fundamental, ya que, si las partículas son de la misma dimensión o tamaño no se procedería a tener un óptimo acomodamiento entre granos, generando así un sin número de vacíos, por lo que afectaría directamente en las resistencias del concreto.

Por estos motivos existen parámetros propuestos en la norma para obtener una buena distribución y tener óptimos resultados.

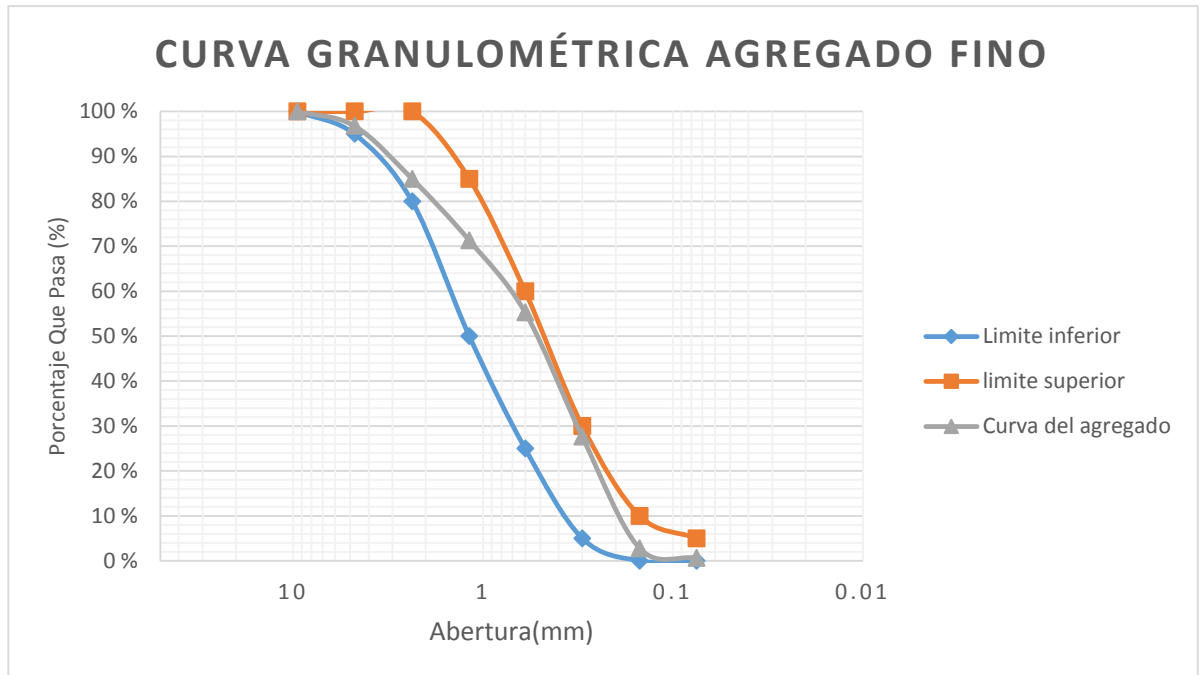


Figura N°23 Curva granulométrica del agregado fino (Elaboración propia)

En la figura 23, se observa que el agregado fino presenta una buena graduación por lo que será apto para ser utilizado en el concreto, al estar bien graduado se acomodará de una manera eficiente en la mezcla no dejando vacíos y funcionando como un ligante para el material, cumple con los requisitos de la norma ASTM C33 y NTP 400.037.

El módulo de finura del agregado fino es de 2.5 está dentro de los parámetros 2.3 como mínimo y 3.1 como máximo estos se encuentran especificados en la NTP 400.037, el módulo de finura teóricamente es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen, si el modulo se finura es menor a 2.3 presentará más finos y esto puede requerir más agua porque presentarán mayor superficie específica, en este caso cumple para poder ser utilizado en esta investigación.

Según Sánchez (2017) divide en tres rangos el peso específico en pesados, normales y livianos, cuyos valores son mayor a 2.75 g/cm³, 2.5 a 2.75 g/cm³ y menores a 2.5 g/cm³ respectivamente. El peso específico del agregado fino es de 2750 kg/m³ o 2.59 g/cm³ lo cual es considerado una arena normal, lo cual hace referencia de que la arena es óptima para el uso de la elaboración del concreto lo cual brindará una mayor adherencia al momento de ser proyectado.

La masa unitaria de los agregados o también llamados peso unitario suelto y compactado nos brinda una idea de su influencia, el suelto en el manejo del material y el compactado para ver el acomodo en la mezcla de concreto

El contenido de humedad nos refleja el grado de agua que existe en el material, el agregado contrae esta humedad al estar en contacto con el medio ambiente, la normativa vigente peruana y la ASTM C33 no plantea unos límites, pero recomienda que la absorción sea mayor que este dato. En el presente caso es de 1% por lo que podemos concluir que aporta poca agua a la mezcla.

La absorción es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas. En la tabla N°41 se observa que la absorción es 1.47% en la NTP 400.037 no específica los límites, entonces es un material recomendado para el usarlo en concreto.

El lavado de material por la malla N°200 fue de 3% de pérdida el cual cumple con la normativa, ya que el máximo es el 5%. No puede pasar este límite ya que el material con contaría con excesivos limos y este afecta la adherencia del grano y la pasta de cemento, el porcentaje de finos que pasa la malla 200 debe ser menos a 3% en este caso es 0.60% cumple con la norma NTP 400.037 y ASTM C33.

6.1.2. Agregado grueso:

La caracterización del agregado grueso al igual que la anterior son importantes para elaborar un correcto diseño de mezcla. Los resultados proporcionados por los ensayos se comparan con los requisitos exigidos en la NTP 400.037 y la ASTM C33.

Tabla 42 Tabla de la caracterización del agregado grueso (Elaboración propia)

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO	
Caracterización	Agregado grueso
Peso Unitario Suelto (kg/cm ²)	1450
Peso Unitario Compactado (kg/cm ²)	1610
Densidad Específica Seca (kg/cm ²)	2.55
Densidad Específica S.S.S (kg/cm ²)	2.62
Densidad Aparente (kg/cm ²)	2.75
Tamaño Máximo Nominal	1/2"
Contenido de Humedad (%)	0.97
Absorción (%)	2.76

En la tabla N°42 podemos observar que el tamaño máximo nominal es de 1/2" lo cual es primordial en esta investigación, porque el agregado grueso a menor tamaño se acomoda mejor en la mezcla.

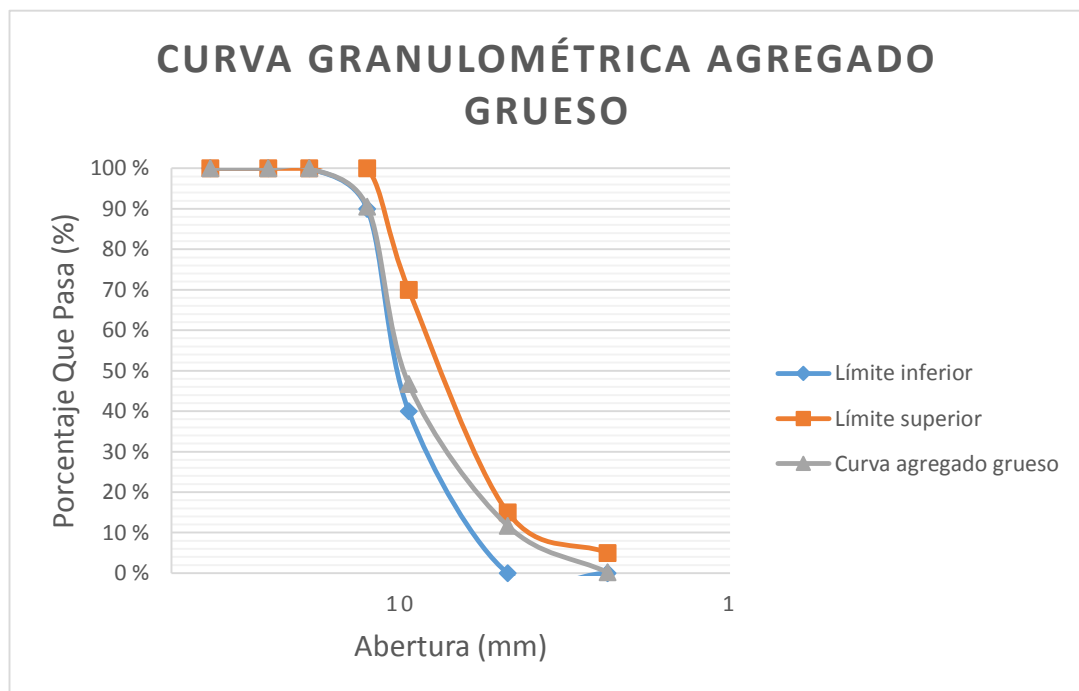


Figura N°24 Curva granulométrica del agregado grueso (Elaboración Propia)

De acuerdo con la figura N°24 el agregado cumple con los estándares de la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, la cual en el huso 7 nos brinda unas curvas para cumplir con los requerimientos mínimos para agregado grueso de 1/2", en este caso tiene una adecuada distribución.

Según Sánchez (2017) divide en tres grupos el peso unitario de los agregados; los pesados que son mayor a 1900 kg/m^3 , $1120 - 1900 \text{ kg/m}^3$ normales y menores a 1120 kg/m^3 livianos. El peso unitario suelto y compactado del agregado fino es de 1572 kg/m^3 y 1720 kg/m^3 , por lo cual se encuentra dentro del rango de agregados normales. De igual manera el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso resultó de 1445 kg/m^3 y 1608 kg/m^3 respectivamente, se encuentra dentro del rango de agregados normales. Del análisis se puede concluir que ambos agregados se acomodan de la mejor manera dentro del molde sin dejar muchos vacíos de aire, tanto en la masa unitaria suelta y compacta, debido que tiene una mejor distribución de partículas y esto en consecuencia da mejores resultados en cuanto a resistencia a compresión en el concreto proyectado.

El contenido de humedad y absorción del agregado grueso nos muestra la cantidad de agua retenida y a la vez la cantidad de vacíos que contiene en su estructura. Se obtuvo un contenido de humedad de 0.97% y una absorción del 2.76% , cumpliendo este último con lo estipulado por Sánchez (2017) la cual debe estar en el rango de $0.2\% - 3.0\%$. Estos valores mencionados indican que es un agregado grueso relativamente seco con una baja cantidad de vacíos en su microestructura interna, lo que no permitirá una menor acumulación de agua, donde su absorción no es muy elevada, cabe mencionar que esto no está estipulado en la norma NTP 400.037.

Según el peso específico el agregado se puede utilizar en concreto, ya que es 2750 kg/m^3 y no hay un requerimiento de la NTP 400.037 que plantee que se encuentre en ciertos parámetros, es un agregado de peso normal, se llega a la conclusión que puede estar apto su uso en concreto.

6.1.3. Cemento:

El cemento Extraforte ICo de la empresa Pacasmayo, es un cemento de uso general recomendado para columnas, vigas, losas, cimentaciones y otras obras que no se encuentren en ambientes salitrosos. Este cemento contiene adiciones especialmente seleccionadas y formuladas que le brindan buena resistencia a la compresión, mejor maleabilidad y moderado calor de hidratación. En la investigación se puede hacer uso de cualquier tipo de cemento ya que este no es un factor que puede alterar en los resultados de los diferentes ensayos ya que no se le va adicionar algún otro tipo de elemento no utilizado normalmente en la elaboración del concreto.

Tiene moderado calor de hidratación quiere decir que no fragua tan rápido como otros tipos de cemento y puede llegar a los 288 kg/cm^2 a los 7 días y 330 kg/cm^2 a los 28 días de curado.

6.1.4. Diseño de mezcla:

Todo el diseño se realizó bajo la normativa del ACI 2011. Se propuso un slump (asentamiento mínimo) de 1" y 2" con el fin de ser utilizado en elementos estructurales (columnas y vigas) y a la vez se eligió la mezcla seca para poder trabajar con los moldes. La relación agua cemento tomado fue de 0.558, la cual fue corregida por humedad y absorción a 0.62.

Para que el agregado se acomode mejor se consideró tomar en cuenta el agregado grueso de ½" y además utilizar el agregado de un tamaño mayor disminuye la adherencia en la pasta de cemento por su menor superficie específica.

El concreto es de peso volumétrico normal, ya que, resulto pesar 2295 kg por m³ y llevo a 211.24 a 28 días de curado.

6.1.5. Conformación y curado de probados:

La conformación de probetas se realizó bajo la ASTM C882 con dimensiones de 7.5cm de diámetro y 15 cm de altura, se tomó en cuenta esta norma, por motivo que es la prueba normada para ensayos con aditivos epóxicos, el tipo de pega es el tipo V que es concreto ya endurecido con concreto recién mezclado porque es el problema que se presenta en la vida cotidiana en la mayoría de las edificaciones.

El curado del concreto es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto, los especímenes de ensayo estuvieron cubiertos de agua durante 28 días, como se indica en la ASTM C 192. Se le incorporó hidróxido de calcio o también conocido como cal al agua de curado (3 gramos por litro), buscando subir el PH hasta un rango de 13 o 14 como lo estipula la ASTM C 31.

El objetivo del curado es mantener saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento, si no se completa la resistencia final del concreto.

6.1.6. Resistencia a la compresión:

Los especímenes en forma cilíndrica elaborados para ser ensayados a resistencia a la compresión describen la norma ASTM C 882. El ensayo se llevó a cabo bajo la ASTM C39.

La resistencia a compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. (Instituto Mexicano del Cemento y del concreto, 2006).

Esta propiedad va a ser influenciada por la estructura del concreto, la relación agua/cemento, el tamaño de los agregados, el tipo de cemento y otros factores relacionados a las adiciones, amasado y tiempo de curado.

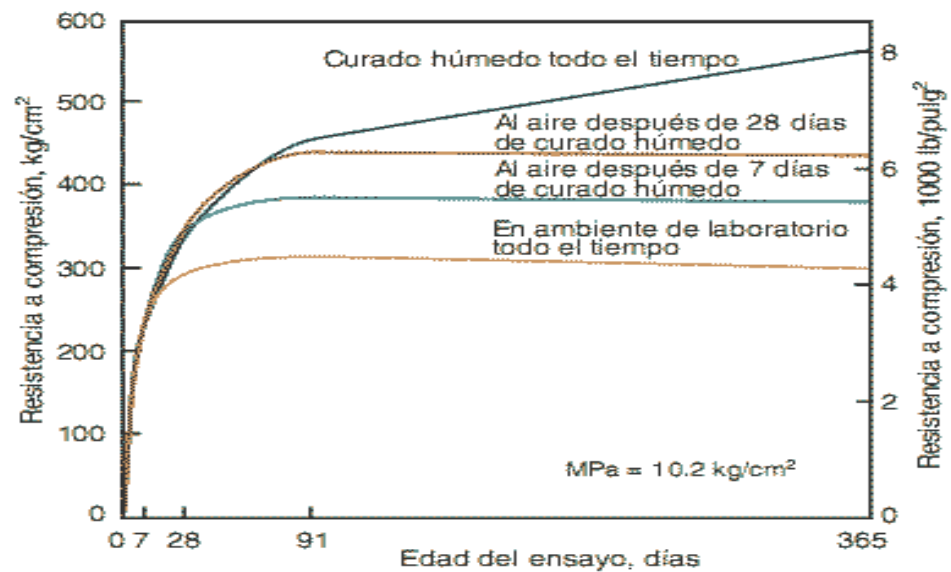


Figura N°25 Proceso de endurecimiento del concreto (Elaboración propia)

El cemento es el componente que brinda la resistencia a la mezcla y depende de su cantidad para incrementarla. También los aumentos de las resistencias dependerán del tiempo de curado, a mayores días de curado alcanzará mayores resistencias, teniendo en cuenta que a partir de los 28 días el incremento es mínimo como se ve en la figura N°25.

En cuanto a la microestructura del concreto existen componentes del cemento los cuales brindan mejores resistencias iniciales y finales, estos componentes son el C3S (50% al 70% del Clinker) y C2S (15% al 30% del Clinker) respectivamente. Además, también las resistencias dependen de la porosidad y la absorción porque si el concreto es más poroso en su estructura se encontrará una gran cantidad de vacíos lo cual genere una pérdida de resistencias, ya que, cuando la carga es aplicada los vacíos producen que falle.

Para someter los testigos al ensayo de compresión se elaboraron especímenes de concreto bajo la norma NTP339.183/ASTM C39, cuyas dimensiones fueron de \varnothing 75mm y $h=$ 150mm. Como se requiere ver el proceso de evolución o ganancia de resistencias se pasó por un proceso de curado de 7, 14 y 28 días, y para ser ensayados fueron utilizadas las almohadillas de neopreno (ASTM C 1231).

Los cilindros recién elaborados tienen que estar en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración para evitar daños; además, se protegieron de la evaporación y la pérdida de humedad, fueron almacenados en una poza de curado a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con cal hidratada para evitar pérdida del PH del concreto (3g por litro, ASOCEM.)

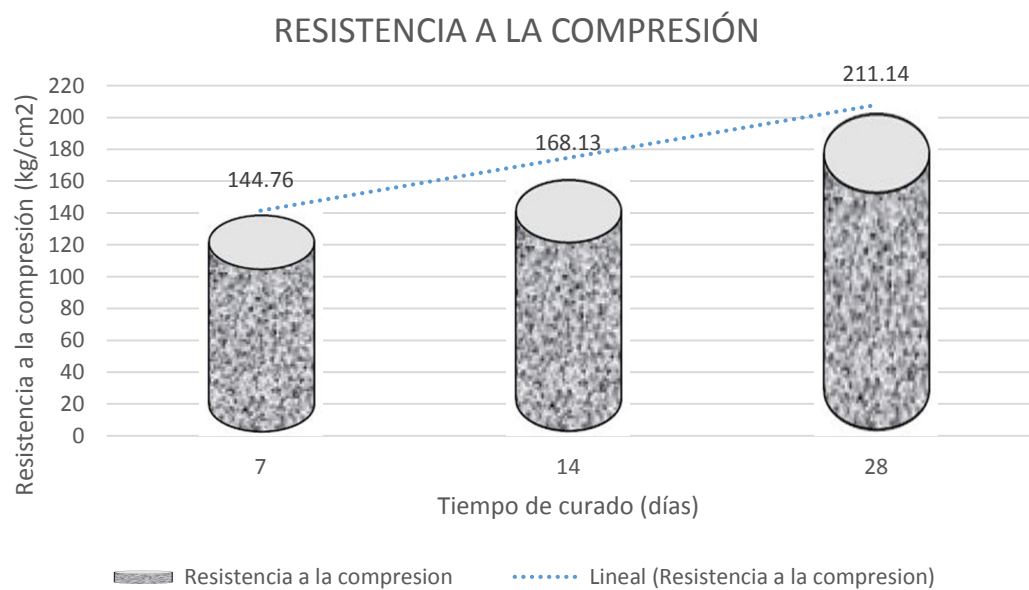


Figura N°26 Resistencia a la compresión en cilindros monolíticos (Elaboración propia)

La resistencia a compresión diseñada fue de 210 Kg/cm², teniendo en cuenta un factor de seguridad de +84 Kg/cm². Al finalizar los ensayos la mezcla patrón obtuvo una resistencia a 7 días de curado de 144.76 Kg/cm², a 14 días de 168.13 Kg/cm² y finalmente a 28 días de 211.14 Kg/cm². Esto se debe a que se realizó un correcto diseño de mezcla, una buena caracterización de los agregados y un buen conformado de las probetas.

Además, las resistencias a 7 y 14 días de curado obtuvieron porcentajes respecto a la de 28 días de 69% y 84% respectivamente, valores que cumplen lo estipulado para una mezcla de concreto utilizando cemento Ico con una relación agua/cemento de 0.60 de acuerdo a la investigación de (Lara Sánchez, 2018).

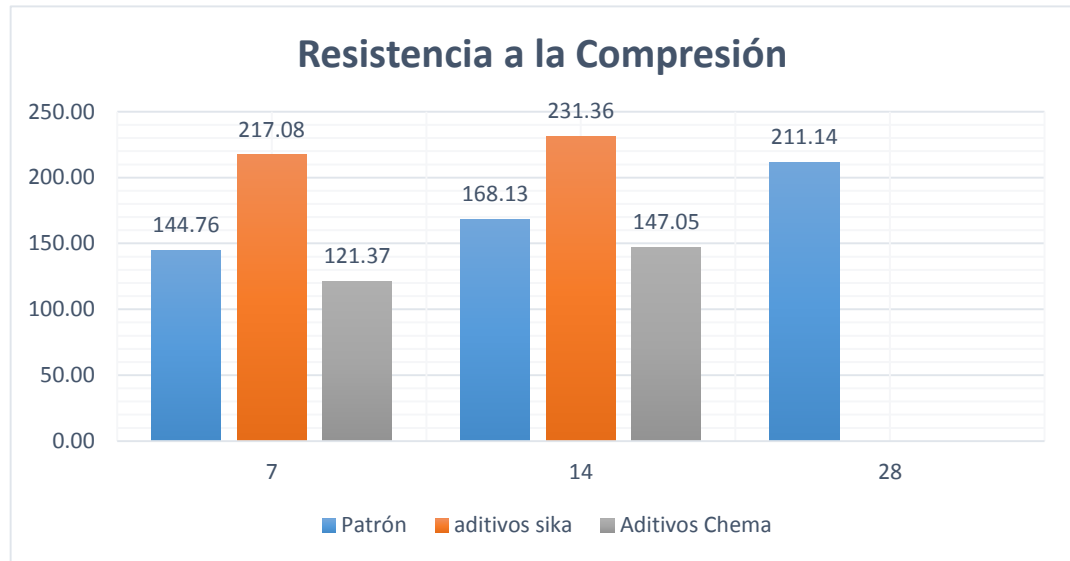


Figura N°27 Comparación de la resistencia a la compresión en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración propia)

Los resultados indican que se alcanzó una resistencia de 211.14 kg/cm² a los 28 días para la muestra patrón, al adicionar el adhesivo epóxico al día 7 de pegado se alcanzaron resistencias de 217.08 kg/cm² y la mínima fue de 121.37 kg/cm², al día 14 de pegado se alcanzaron resistencias de 231.36 kg/cm² y la mínima fue 147.05 kg/cm². Cabe mencionar que en los cilindros monolíticos los cilindros en su mayoría tienen una falla Tipo V, y con adhesivo también presentan estas fallas, lo cual relacionamos que no sufre daños la superficie de contacto.

A partir de los hallazgos encontrados aceptamos la hipótesis que establece un aumento en las propiedades mecánicas de las juntas frías en la unión de concreto de diferentes edades.

El producto adhesivo de la empresa Sika al ser aplicado en la junta fría presenta una mejoría en la resistencia a la compresión, incluso una unión de 7 y 28 días tiene mejores propiedades que una de 28 días monolítica, mientras que, la competencia Chema no logra alcanzar a la resistencia de los cilindros de contrastación en ninguna edad del concreto en ensayo.

El ingeniero (Valencia, 2013) en su investigación encuentra para un concreto con adhesivo (Chema epox adhesivo 32) de 7 y 28 días de edad, unas resistencias promedio de 124.62 kg/cm² y para un concreto de 14 y 28 días de 171.04 kg/cm², estas coinciden con nuestros resultados a 7 días, pero a 14 días nosotros llegamos a un 85% de la resistencia que él halló.

Estos resultados guardan relación con los que sostuvo (Román, 2007) quien obtuvo mejores resistencias a la compresión cuando aplicó epóxicos en la unión de concretos de diferente tiempo de fraguado, alcanzando resistencias en un concreto de 14 y 28 días de 202.01 kg/cm².

Como se observa en la **Figura N° 27** el adhesivo (Sikadur 32 gel) es el que tiene un mejor comportamiento en la resistencia a la compresión alcanzando el 9% más que los ensayos sin usos de adhesivos.

El adhesivo aumenta las resistencias porque sus dos componentes que son las resinas (polímeros) y un agente catalizador, al unirse dan parte a un proceso llamado catálisis, que básicamente es aumentar la velocidad de hidratación y produce que se solidifique la resina, su curado se produce a temperatura ambiente, durante ese curado o secado se forman enlaces cruzados lo que hace que su peso molecular sea elevado y formen una malla entrelazando los materiales.

Según Valencia (2013) el adhesivo epóxico para concreto reacciona con el cemento cuando este crea su malla de moléculas se entrelazan acelerando la velocidad de hidratación de este.

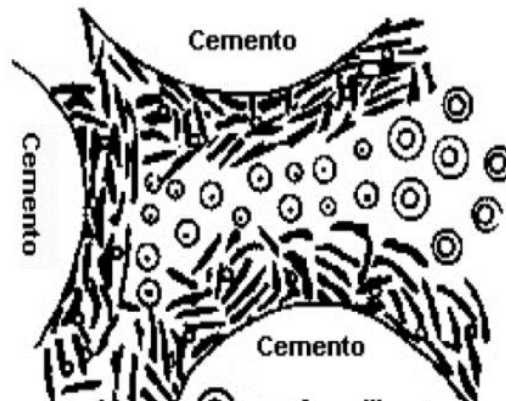


Figura N°28 Figura esquemática de la hidratación del cemento (Valencia, 2013)

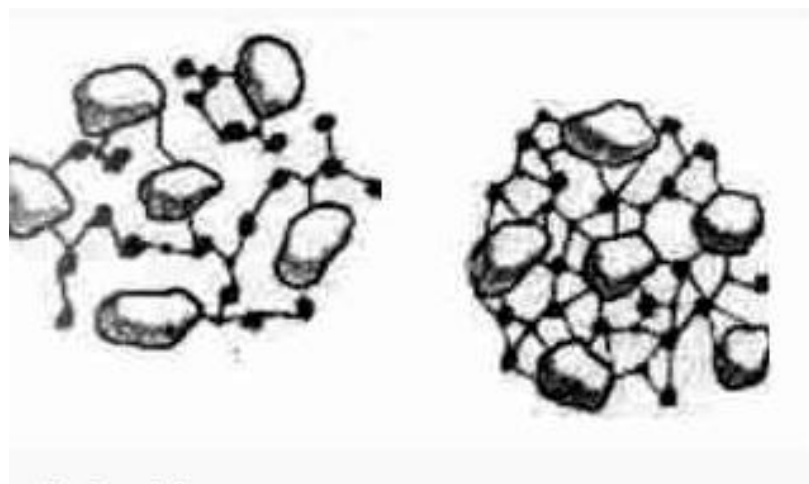


Figura N°29 Figura esquemática de la unión del concreto (Cementos Pacasmayo, 2015)

6.1.7. Resistencia a la adherencia:

La adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

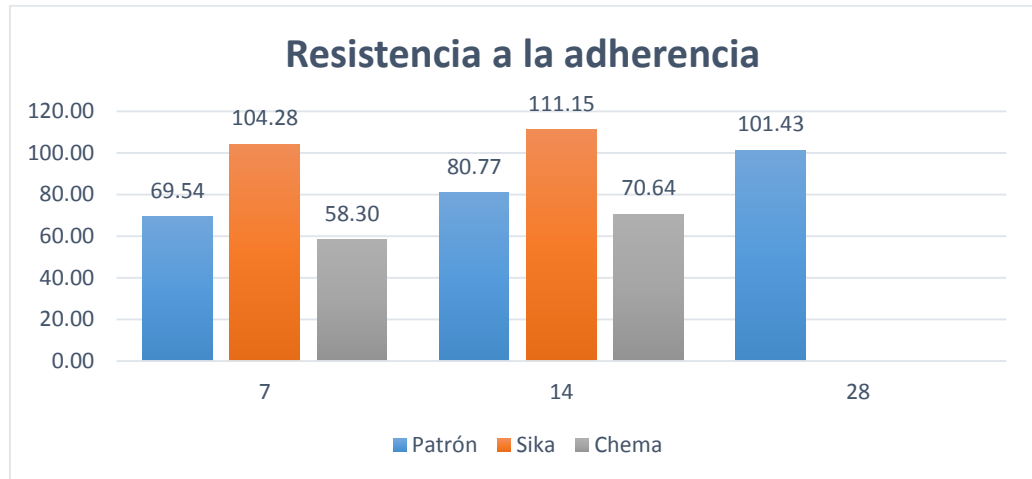


Figura N°30 Comparación de la resistencia en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración propia)

Los resultados indican que se alcanzó una resistencia de 101.43 kg/cm² a los 28 días para la muestra patrón, al adicionar el adhesivo epóxico al día 7 de pegado se alcanzaron resistencias de 104.28 kg/cm² y la mínima fue de 58.30 kg/cm², al día 14 de pegado se alcanzaron resistencias de 111.15 kg/cm² y la mínima fue 70.64 kg/cm². La empresa Sika demuestra ante el análisis que su producto tiene una mejor adherencia. Según Román, 2007 el mecanismo de adherencia entre dos sustratos, depende básicamente de su rugosidad superficial, ya que, la penetración del adhesivo en la orografía del material provoca que la zona de contacto real sea superior a la aparente, es preciso asegurar una buena humectabilidad del sustrato por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva.

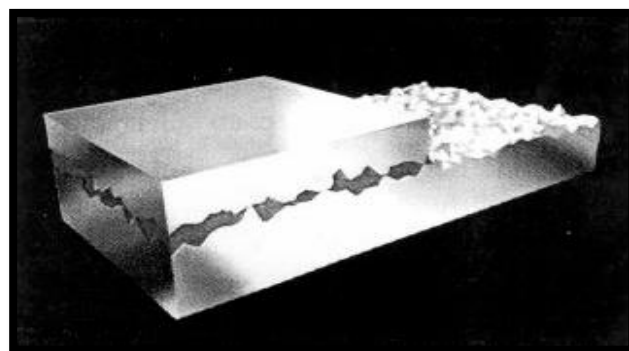


Figura N°31 Figura esquemática de la adhesión de las juntas frías en concreto (Román, 2017)

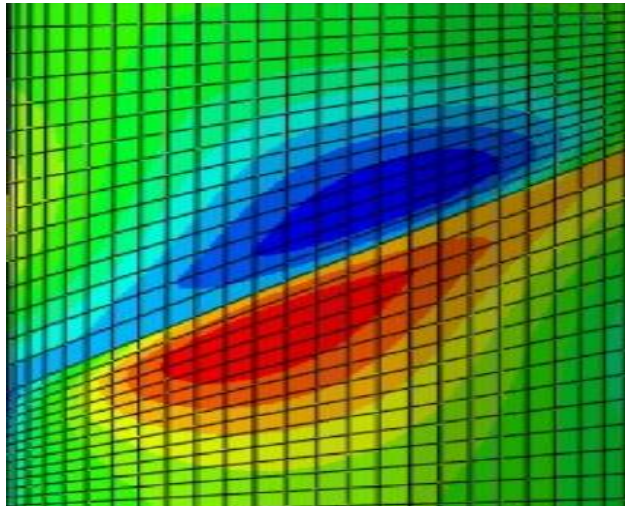


Figura N°32 Diagrama de esfuerzos axiales en juntas frías en concreto (Torres, 2016)

(Valencia, 2013) en su investigación encuentra para un concreto con adhesivo (Chema epox adhesivo 32) de dos partes de 28 días de edad, unas resistencias de adherencia promedio de 106.10 kg/cm^2 . Encontramos una relación con nuestros resultados, ya que, al unir un concreto de 28 días y uno de 14 días tiene una adherencia de hasta 111.15 kg/cm^2 en la empresa Sika y de 70 kg/cm^2 en la empresa Chema. según lo especificado en la teoría y en las especificaciones técnicas de los productos la orografía de los sustratos tiene un papel importante en el mecanismo de adherencia de los dos materiales, ya que, una buena humectabilidad del sustrato asegura factores favorables de adhesión, también se toma en consideración la teoría de la difusión que plantea la adhesión como resultado de la interdifusión de las moléculas de los planos superficiales, lo que conlleva a la creación de una zona de transición entre el adhesivo y el adherente.

6.1.8. Resistencia a la Tracción Indirecta:

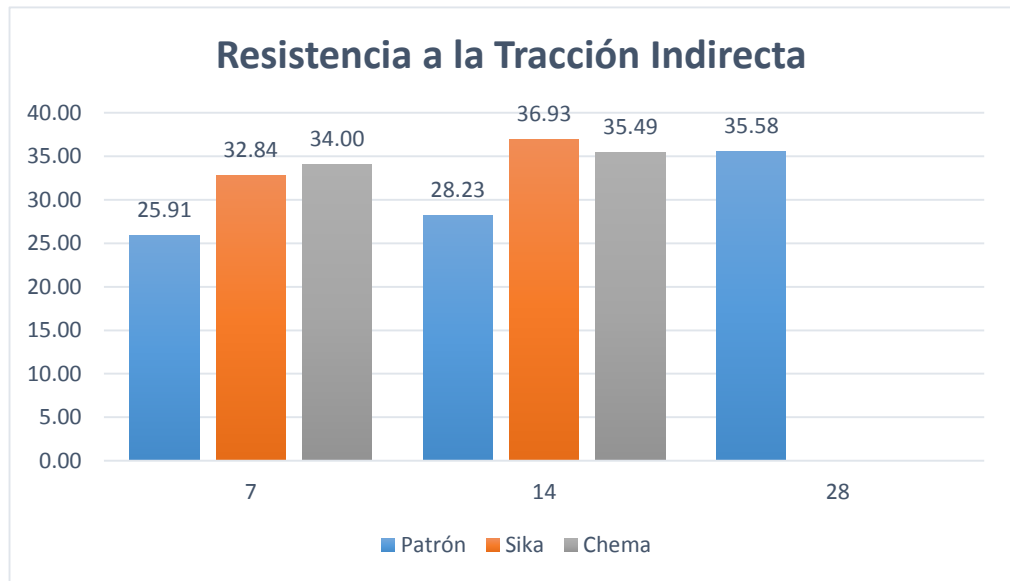


Figura N°33 Comparación de la resistencia a la compresión en cilindros monolíticos y con productos adherentes (Elaboración Propia)

En los ensayos a tracción indirecta, a diferencia de los ensayos directos, la rotura de la probeta de hormigón se produce debido a la aplicación de una carga de compresión o flexotracción da lugar a una distribución de tensiones de tracción que acaban por fisurar la probeta.

Los resultados indican que se alcanzó una resistencia de 25.91 kg/cm², 28.23 kg/cm² y 35.58 kg/cm² a los 7,14,28 días para las muestras patrón, al adicionar el adhesivo epóxico al día 7 de pegado se alcanzaron resistencias de 34.00 kg/cm² de la empresa CHEMA y la mínima fue de 32.84 kg/cm² SIKA, al día 14 de pegado se alcanzaron resistencias de 36.93 kg/cm² de la empresa SIKA y la mínima fue 35.40 kg/cm² de la empresa CHEMA. Con el uso de adhesivos se llegan a las resistencias de un concreto monolítico.

A los 7 días la empresa Chema mostraba mejores resultados, pero a los 14 días Sika pudo tener resistencias mayores a la tracción Indirecta.

Las fallas presentadas son de tipo normal y triple endimiento, la primera de estas es la ideal. Inicialmente, la fractura no está completamente extendida entre ambos bloques de carga. La falla de triple endimiento es una variación de la falla de tracción normal, la muestra se divide en 4 trozos de igual tamaño. En este caso las fallas son aceptables, porque según la norma ASTM C1144 (Inspeccionar el concreto visualmente después de ensayar), si se presenta una falla por compresión o corte se tiene que descartar la prueba.

6.1.9. Análisis de Datos (Prueba Hipótesis)

Para la **Prueba de hipótesis "A"** se tomó en consideración si la influencia de productos adherentes Sika aumenta la resistencia a la compresión en concreto de diferentes edades en relación con un concreto monolítico, ya que, el f_c' es el principal indicador en el concreto.

Según el resumen de procesamiento de datos el 100% de las muestras ensayadas son válidas, la media de los testigos monolíticos es 211.13 y la de los testigos con adhesivo Sika es 231.36; aparentemente hay una diferencia entre los valores, pero después de hacer el análisis de datos con el método de la T de Student se pudo corroborar que si hay una relación significativa entre estos grupos.

Para llegar a determinar esta relación por este método, se tuvo que obtener la normalidad y la igualdad de varianzas, para el primero de estos utilizamos la prueba de shapiro wilk porque nuestras muestras son menores a 30, y al obtener ambos datos de pvalor ser mayores que 0.05 se tiene que ambos grupos se comportan normalmente.

En la igualdad de varianzas se obtuvo con la prueba de Levene al obtener que el Pvalor es mayor que 0.05 se obtiene que la varianza de la variable resistencia son iguales.

Con estos datos llegamos a la T student al tener el Pvalor menor que 0.05 se rechaza H_0 = No existe una diferencia significativa y se acepta H_1 = que si hay una diferencia significativa entre los dos valores.

Para la **Prueba de hipótesis "B"** se tomó en consideración si la influencia de producto adherente de la empresa Sika presenta aumento en la resistencia a la compresión en concreto de diferentes edades en relación con concreto unido con productos adherente de la empresa Chema.

Según el resumen de procesamiento de datos el 100% de las muestras ensayadas son válidas, la media de los testigos de la empresa Chema es 147.04 y la de los testigos con adhesivo Sika es 231.36.

Se tuvo que obtener la normalidad y la igualdad de varianzas, para el primero de estos utilizamos la prueba de shapiro wilk porque nuestras muestras son menores a 30, y al obtener ambos datos de pvalor ser mayores que 0.05 se tiene que ambos grupos se comportan normalmente.

En la igualdad de varianzas se obtuvo con la prueba de Levene al obtener que el Pvalor es 0.10 que es mayor que 0.05 se obtiene que la varianza de la variable resistencia son iguales.

Con estos datos llegamos a la T student al tener el Pvalor= 0 es menor que 0.05 se rechaza H_0 = No existe una diferencia significativa y se acepta H_1 = que si hay una diferencia significativa entre los dos valores.

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización del agregado para corroborar que el material se encuentre entre los límites permitidos, todos los ensayos estuvieron basados bajo la normativa vigente.
- El uso de productos adherentes si influye hasta en un 9.45% en el aumento de la resistencia en las juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas, mediante el análisis estadístico se pudo rechazar la hipótesis nula y aceptar que si hay una diferencia entre los valores obtenidos por parte del concreto con epóxico y el monolítico, así mismo, se pudo comprobar que la empresa Sika presenta un producto adhesivo de mejor calidad en la unión de concreto con relación al adhesivo de la empresa Chema.
- Se formuló el correcto diseño de mezcla, haciendo el uso del método de ACI 211 para un concreto de 210 kg/cm^2 , obteniéndose una relación a/c de 0.558, 356.37 kg/m^3 de cemento, 219.02 kg/m^3 de agua, 776.26 kg/m^3 de agregado fino, y 942.86 kg/m^3 de agregado grueso.
- Se ensayaron las probetas con adhesivos de las dos empresas nacionales más comerciales en nuestro país, obteniéndose un análisis de las propiedades mecánicas de cada uno.
- La resistencia la compresión tuvo un máximo valor de 231.36 kg/cm^2 proporcionado por el adhesivo A (Sikadur 32 gel) en un concreto de 14 y 28 días, los demás tuvieron a la misma edad valores de 147 kg/cm^2 (Chema), 80.77 kg/cm^2 (Patrón).
- La resistencia la adherencia presento un máximo valor de 111.15 kg/cm^2 proporcionado por el adhesivo A (Sikadur 32 gel) en un concreto de 14 y 28 días, los demás tuvieron valores de 70.74 kg/cm^2 (Chema) a la misma edad.
- La resistencia la tracción indirecta obtuvo un máximo valor de 36.93 kg/cm^2 proporcionado por el adhesivo A (Sikadur 32 gel) en un concreto de 14 y 28 días, los demás tuvieron valores de 35.49 kg/cm^2 a la misma edad.
- Se logró tener una percepción del proceso de hidratación del adhesivo, el cual es la reacción de la resina y el agente catalizador, que cuando se unen producen el efecto de catálisis, endureciendo la resina y creando una malla de moléculas.
- El adhesivo con mejores propiedades en la unión de concreto es el fabricado por la distribuidora Sika Perú, Sikadur 32gel corroborado por los ensayos en esta investigación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ubicar los agregados y el cemento en un lugar fresco y libre de la lluvia para que el material siempre este en las condiciones que se hizo la caracterización y así no pueda variar el diseño de mezcla.
- Se recomienda al momento de hacer el ensayo de granulometría tanto para la arena y como la piedra se tome 500gr a 1000gr de muestra para que no se saturen los tamices.
- Si para la elaboración de probetas se trabaja con trompo se tiene que humedecer primero para que no se absorba agua y afecte a su diseño de mezcla.
- Se recomienda utilizar otros aditivos de empresas nacionales (Z aditivos) e internacionales (Química Suiza, Basf, entre otros).
- Se recomienda hacer estudios a profundidad sobre adhesivos, empleando otros ensayos, ya que, es un tema que no se ha tocado en muchos países de Sudamérica.
- En otra investigación pueden utilizar morteros para estudiar el comportamiento de los adhesivos.
- Se recomienda hacer el estudio con cemento de varios tipos.
- Se propone realizar una investigación con varias resistencias del concreto (175 kg/cm^2 , 350 kg/cm^2 y 420 kg/cm^2).
- Se recomienda utilizar un slump de 4" en una futura investigación, ya que, es el slump que se utiliza en campo para la preparación de concreto en columnas y vigas.
- Se recomienda en evaluaciones posteriores calcular cuánto es la resistencia de las mitades de concreto antes del pegado para saber si por el proceso de curado afecta en el aumento de la resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archila, A. (2007) *Evaluación sobre la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo con dos tipos de epóxicos. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos. Guatemala.*
- Valencia, E. (2013) *Evaluación de la resistencia a la compresión, de especímenes de concreto usando aditivo adherente Chema Epox adhesivo 32 en juntas frías en el distrito de Cajamarca. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca.*
- Torres, A. (2016) *Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto. (Tesis de licenciatura). Pontífice Universidad Javeriana. Colombia.* Román, R (2005) *Evaluación sobre la adherencia entre concreto fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos. Guatemala.*
- Huamán, C. (2015). *Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción de morteros para la construcción. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.*
- Gómez Domínguez, J. (2014). *Materiales de Construcción.*
- Cementos Pacasmayo. (2015). *Concreto convencional. pág. 4. Obtenido de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/concreto-premezclado/concretos-convencionales/>*
- Campos Sanchez, E. (2015). *Aditivos en el Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/75780177/ADITIVOS-EN-EL-PERU-GRUPO-N%C2%BA-4>*
- SIKA. (2012). *Sika Perú Obras de Referencia. Obtenido de <http://docplayer.es/21614849-Sika-peru-obras-de-referencia-2012.html>*
- Unión Andina de Cementos (UNACEM). (2016). *Tabla de dosificaciones y equivalencias.*
- CEMEX. (2014). *Normatividad del concreto en Colombia. <http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/NormatividadConcreto.aspx>*
- Bocanegra, H. (2016). *Prevención en el uso de aditivos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/338293818/ADITIVOS-DE-CONCRETO>*
- La República. (2010). *Constructoras deben dar garantía por obras. Obtenido de <http://larepublica.pe/sociedad/247864-constructoras-deben-dar-garantias-por-obras>*
- ANDINA. (6 de Junio de 2017). *Crecimiento de la Construcción. Obtenido de <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-bcr-eleva-proyeccion-crecimiento-construccion-para-2018-671307.aspx>*
- SIKA. (12 de octubre de 2016). *Construyendo con SIKA. Obtenido de <file:///C:/Users/Adm/Downloads/Construyendo%20con%20Sika%2012.pdf>*
- Vásquez Díaz, A. (2015). *Aditivos para el concreto. Sika Building Trush, pág. 28. Obtenido de http://www.cip-trujillo.org/img_eventos/pdf/2015/CONFERENCIAS%20SIKA/EI%20concreto%20de%20hoy%20AVD.pdf*

- ASTM C881. *Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas.*
- ASTM C882. *Método de prueba estándar para la adherencia con aditivos epóxicos.*
- ASTM C39. *Método de ensayo de resistencia a la compresión.*
- ASTM C496. *Método de ensayo de resistencia a la tracción diametral*
- ASTM C494. *Especificaciones de químicos para concretos.*
- ASTM C128. *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino.*
- ASTM C136. *Análisis granulométrico por tamices de los agregados finos y gruesos.*
- ASTM C566. *Determinación por secado del contenido de total de humedad evaporable en el agregado.*
- ASTM C1144 - 89 (ASTM, 1989) *Inspección de muestras de hormigón después del ensayo.*

APÉNDICE

Apéndice 1: Caracterización de agregados

Peso Suelto y compactado:

Tabla 43 Tabla del volumen del molde para peso unitario suelto y compactado (Elaboración propia)

Material	Número	Peso del molde (kg)	Peso del molde + Agua (kg)	Peso del Agua (Kg)	Factor del agua (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen del Agua	E1	5.315	19.41	14.096	997.5	0.01413
	E2	5.315	19.40	14.088	997.5	0.01412
	E3	5.315	19.38	14.072	997.5	0.01411
Promedio						0.01412

Tabla 44 Tabla del ensayo de peso unitario y compactado del agregado fino (Elaboración propia)

Material	Número	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Muestra Suelta (Kg)	Peso del Molde + Muestra Compactada (Kg)	Peso de la Muestra Suelta (Kg)	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	Volumen del Molde (m3)	Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	Peso Unitario Compactado (Kg/m3)
Agregado Fino	E1	5.312	27.492	29.580	22.180	24.268	0.01412	1571	1719
	E2	5.312	27.474	29.722	22.162	24.410		1570	1729
	E3	5.312	27.544	29.492	22.232	24.180		1575	1712
Promedio								1572	1720

Tabla 45 Tabla del ensayo de peso unitario suelto y compactado grueso (Elaboración propia)

Material	Número	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Muestra Suelta (Kg)	Peso del Molde + Muestra Compactada (Kg)	Peso de la Muestra Suelta (Kg)	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	Volumen del Molde (m3)	Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	Peso Unitario Compactado (Kg/m3)
Agregado Grueso	E1	5.312	25.370	27.962	20.058	22.650	0.01412	1421	1604
	E2	5.312	25.554	28.023	20.242	22.711		1434	1608
	E3	5.312	26.224	28.069	20.912	22.757		1481	1612
							Promedio	1445	1608

Tabla 46 Medidas estadísticas para peso unitario suelto y compactado de los agregados (Elaboración propia)

Estadística	Peso Unitario Suelto (Kg/m3)		Peso Unitario Compactado (Kg/m3)	
	desviación estándar	coeficiente de variación	desviación estándar	coeficiente de variación
Agregado fino	2.65	0.16	8.54	0.49
Agregado grueso	31.56	2.18	4.00	0.24

Peso específico:

Tabla 47 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (Elaboración propia)

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr) "A"	Peso de Fiola + agua (gr) "B"	Peso de Fiola + agua + Muestra (gr) "C"	Peso de la Muestra Saturada (gr) "D"	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
Agregado Fino	E1	492.6	669.20	981.20	500	1.50	2.620	2.66	2.73
	E2	492.9	668.92	982.15	500	1.44	2.639	2.68	2.74
	E3	492.8	665.840	980.30	500	1.46	2.656	2.69	2.76
		Promedio				1.47	2.64	2.68	2.75

Tabla 48 Medidas estadísticas para peso específico y absorción del agregado fino (Elaboración propia)

Ensayos	desviación estándar	coeficiente de variación
Absorción (%)	0.03	2.14
Densidad seca (gr/ml)	0.02	0.68
Densidad saturada (gr/ml)	0.02	0.66
Densidad aparente (gr/ml)	0.02	0.65

Tabla 49 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso (Elaboración propia)

Material	Número	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr) "A"	Peso de la Muestra Saturada con superficie Seca (gr) "B"	Peso de la Muestra Sumergida en Agua (gr) "C"	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
Agregado Grueso	E1	1959.4	2012.60	1242	2.72	2.54	2.610	2.729
	E2	1958.7	2012	1248	2.74	2.562	2.633	2.756
	E3	1949.3	2004	1242	2.82	2.556	2.628	2.754
				Promedio	2.76	2.55	2.62	2.75

Tabla 50 Medidas estadísticas para peso específico y absorción del agregado grueso (Elaboración propia)

Ensayos	desviación estándar	coeficiente de variación
Absorción (%)	0.05	1.92
Densidad seca (gr/ml)	0.01	0.42
Densidad saturada (gr/ml)	0.01	0.46
Densidad aparente (gr/ml)	0.02	0.55

Contenido de humedad:

Tabla 51 Ensayo de contenido de humedad de los agregados (Elaboración propia)

Material	Número	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra Natural (gr) "Ph"	Peso de la Muestra Seca (gr) "Ps"	Humedad (%) "W"
Agregado Fino	E1	117.7	1117.73	1107.30	1000.03	989.60	1.05
	E2	133.7	1133.71	1123.60	1000.01	989.90	1.02
	E3	108.7	1108.72	1098.10	1000.02	989.40	1.07
						Promedio	1.0
Material	Número	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Peso de la Muestra Natural (gr) "Ph"	Peso de la Muestra Seca (gr) "Ps"	Humedad (%) "W"
Agregado Grueso	E1	279.90	2283.60	2264.10	2003.70	1984.20	0.98
	E2	118.5	2121.90	2107.50	2003.40	1984.00	0.98
	E3	78.4	2082.60	2055.90	2004.20	1985.30	0.95
						Promedio	0.97

Tabla 52 Medidas estadísticas para contenido de humedad de los agregados (Elaboración propia)

Estadística	Humedad (%)	
	desviación estándar	coeficiente de variación
Agregado fino	0.03	2.51
Agregado grueso	0.02	1.79

Granulometría:

Agregado grueso:

Tabla 53 Granulometría del agregado grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (Kg)	Peso de Tamiz + Muestra (Kg)	Peso Retenido (Kg)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acum. (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N° 2"	50.80	538	538	0	0.00	0.00	100.00
N° 1 1/2"	38.10	566	566	0	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.40	566	566	0	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.05	547	547	0	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.70	537	726	189	9.45	9.45	90.55
N° 3/8"	9.50	524	1401	877	43.85	53.30	46.70
N° 4	4.75	503	1203	700	35.00	88.30	11.70
N° 8	2.36	501	731	230	11.50	99.80	0.20
Fondo	0.00	449	453	4	0.20	100.00	0.00
Sumatoria				2000	100.00		
TMN=	N° 1/2"						
TM=	N° 3/4"						

Granulometría:

Agregado fino:

Tabla 54 Granulometría del agregado fino (arena gruesa) (Elaboración propia)

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (Kg)	Peso de Tamiz + Muestra (Kg)	Peso Retenido (Kg)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acum. (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N° 1/2"	12.5	542	542	0	0	0	100
N° 3/8"	9.5	545	546	0	0	0	100
N° 4	4.75	503	535	32	3.20	3.20	96.80
N° 8	2.36	454	572	118	11.80	15.00	85.00
N° 16	1.18	406	543	137	13.70	28.70	71.30
N° 30	0.60	373	533	160	16.00	44.70	55.30
N° 50	0.30	348	625	277	27.70	72.40	27.60
N° 100	0.15	329	577	248	24.80	97.20	2.80
N° 200	0.08	321	343	22	2.20	99.40	0.60
Fondo	--	443	449	6	0.60	100.00	0
Sumatoria				1000.000	100.00		
M.F=	2.50						

Apéndice 2: Resultado de los ensayos en estado endurecido.

Ensayo de compresión:

Tabla 55 Resultado a compresión de testigos de concreto a 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 7 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	6376	44.18	144.33
C-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	6534	44.18	147.90
C-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	6462	44.18	146.27
C-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	6256	44.18	141.61
C-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	6348	44.18	143.69

Tabla 56 Resultado a compresión de testigos de concreto a 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 14 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	7500	44.18	169.77
C-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	7410	44.18	167.73
C-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	7320	44.18	165.70
C-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	7445	44.18	168.53
C-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	7462	44.18	168.91

Tabla 57 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 28 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	9311	44.18	210.76
C-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	9350	44.18	211.65
C-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	9287	44.18	210.22
C-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	9425	44.18	213.34
C-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	9265	44.18	209.72

Tabla 58 Medidas estadísticas de la resistencia a la compresión de cilindros monolíticos (Elaboración propia)

Control estadístico de la resistencia a la compresión monolítica			
Días curado	R. compresión (kg/cm ²)	desviación estándar	coeficiente de variación
7	144.76	2.42	1.67
14	168.12	1.54	0.92
28	211.13	1.42	0.67

Ensayo de tracción:

Tabla 59 Resultado a tracción de testigos de concreto a 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 7 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	5037	15.2	7.7	27.40
T-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	4873	15.2	7.5	27.21
T-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	4355	15.2	7.7	23.69
T-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	4213	15.2	7.7	22.92
T-7	MONOLITICO	23-feb	02-mar	5213	15.2	7.7	28.36

Tabla 60 Resultados a tracción de testigo de concreto a 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 14 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	5253	15.2	7.7	28.57
T-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	5248	15.2	7.5	28.55
T-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	5202	15.2	7.7	28.30
T-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	4970	15.2	7.7	26.68
T-14	MONOLITICO	23-feb	09-mar	5305	15.2	7.7	29.05

Tabla 61 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 28 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	6534	15.2	7.7	36.98
T-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	6024	15.2	7.5	34.09
T-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	6294	15.2	7.7	35.62
T-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	6487	15.2	7.7	36.71
T-28	MONOLITICO	12-feb	12-mar	6096	15.2	7.7	34.50

Tabla 62 Medidas estadísticas de la resistencia a la compresión de cilindros monolíticos (Elaboración propia)

Control estadístico de la resistencia a la tracción monolítica			
Días curado	R. tracción (kg/cm ²)	desviación estándar	coeficiente de variación
7	25.91	2.44	9.41
14	28.23	0.91	3.21
28	35.58	1.29	3.62

Ensayos de adhesivo de la empresa sika:

Tabla 63 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 28 y 7 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9460	44.18	214.14
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9668	44.18	218.85
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9732	44.18	220.29
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9700	44.18	219.57
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9389	44.18	212.53

Tabla 64 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 28 y 14 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	9894	44.18	223.96
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10350	44.18	234.28
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10384	44.18	235.05
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10348	44.18	234.24
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10129	44.18	229.28

Tabla 65 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 28 y 7 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	6113	15.2	7.7	34.59
T-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	6132	15.2	7.5	34.70
T-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	5524	15.2	7.7	31.26
T-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	5592	15.2	7.7	31.65
T-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	5653	15.2	7.7	31.99

Tabla 66 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 14 de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 28 y 7 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	6788	15.2	7.7	38.41
T-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	6631	15.2	7.5	37.52
T-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	6205	15.2	7.7	35.11
T-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	6993	15.2	7.7	39.57
T-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	6013	15.2	7.7	34.03

Tabla 67 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia a 28 y 7 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9460	91.96	102.87
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9668	91.96	105.13
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9732	91.96	105.83
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9700	91.96	105.48
C-28/7	Adhesivo Sika	11-feb	12-mar	9389	91.96	102.10

Tabla 68 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia a 28 y 14 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	9894	91.96	107.59
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10350	91.96	112.55
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10384	91.96	112.92
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10348	91.96	112.53
C-28/14	Adhesivo Sika	12-feb	12-mar	10129	91.96	110.15

Tabla 69 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)

Control estadístico de las propiedades mecánicas			
sika 28/7	(kg/cm ²)	Desviación estándar	Coficiente de variación
Resistencia a la compresión	217.08	3.50	1.61
Resistencia a la tracción	32.84	1.67	5.09
Resistencia a la adherencia	104.28	1.68	1.61

Tabla 70 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)

Control estadístico de las propiedades mecánicas			
sika 28/14	(kg/cm ²)	Desviación estándar	Coficiente de variación
Resistencia a la compresión	231.36	4.73	2.04
Resistencia a la tracción	36.93	2.31	6.24
Resistencia a la adherencia	111.15	2.27	2.04

Ensayos de adhesivo de la empresa Chema:

Tabla 71 Resultado a compresión de testigos de concreto a 28 días y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 28 y 7 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5058	44.18	114.49
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5520	44.18	124.95
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5163	44.18	116.87
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5710	44.18	129.25
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5357	44.18	121.26

Tabla 72 Resultados a compresión de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la compresión a 28 y 14 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6378	44.18	144.37
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6433	44.18	145.62
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6631	44.18	150.10
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6473	44.18	146.52
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6566	44.18	148.63

Tabla 73 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 28 y 7 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5428	15.2	7.7	30.72
T-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	6038	15.2	7.5	34.17
T-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	5941	15.2	7.7	33.62
T-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	6311	15.2	7.7	35.71
T-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	6325	15.2	7.7	35.79

Tabla 74 Resultado a tracción de testigos de concreto a 28 días y 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la tracción a 28 y 7 días de curado							
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	Long.(cm)	Diámetro(cm)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
T-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6265	15.2	7.7	35.45
T-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6662	15.2	7.5	37.70
T-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	6580	15.2	7.7	37.24
T-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	5918	15.2	7.7	33.49
T-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	5932	15.2	7.7	33.57

Tabla 75 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 7 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia a 28 y 7 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	9460	91.96	55.00
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	9668	91.96	60.03
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	9732	91.96	56.14
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	9700	91.96	62.09
C-28/7	Adhesivo Chema	11-feb	12-mar	9389	91.96	58.25

Tabla 76 Resultado a adherencia de testigos de concreto a 28 y 14 días de curado (Elaboración propia)

Resistencia a la adherencia a 28 y 14 días de curado						
código	testigo	fecha de fabricación	fecha de rotura	carga (kg)	área(cm ²)	Fc'(kg/cm ²)
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	9894	91.96	69.36
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	10350	91.96	69.95
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	10384	91.96	72.11
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	10348	91.96	70.39
C-28/14	Adhesivo Chema	12-feb	12-mar	10129	91.96	71.40

Tabla 77 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)

Control estadístico de las propiedades mecánicas			
Chema 28/7	(kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Resistencia a la compresión	121.37	5.97	4.92
Resistencia a la tracción	34.00	2.07	6.08
Resistencia a la adherencia	58.30	2.87	4.92

Tabla 78 Medidas estadísticas de las propiedades mecánicas de cilindros (Elaboración propia)

Control estadístico de las propiedades mecánicas			
Chema 28/14	(kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Resistencia a la compresión	147.05	2.31	1.57
Resistencia a la tracción	35.49	1.98	5.57
Resistencia a la adherencia	70.64	1.11	1.57

TIPOS DE FALLA DE PROBETAS A COMPRESIÓN:

Tabla 79 Tipos de falla de especímenes a compresión (Elaboración propia)

TESTIGO	TIPO DE FALLA
C-7	TIPO 3
C-7	TIPO 3
C-7	TIPO 3
C-7	TIPO 3
C-7	TIPO 3
C-14	TIPO 3
C-14	TIPO 3
C-14	TIPO6
C-14	TIPO 5
C-14	TIPO 3
C-28	TIPO 5
C-28	TIPO3
C-28	TIPO 6
C-28	TIPO 3
C-28	TIPO 3
C-7-SK	TIPO 3
C-7-SK	TIPO 3
C-7-SK	TIPO 5
C-7-SK	TIPO 3
C-7-SK	TIPO 3
C-7-CH	TIPO 5
C-7-CH	TIPO 6
C-7-CH	DIAGONAL
C-7-CH	DIAGONAL
C-7-CH	TIPO 6
C-14-SK	TIPO 3
C-14-SK	TIPO 3
C-14-SK	TIPO 3
C-14-SK	TIPO 3
C-14-SK	TIPO3
C-14-CH	TIPO 3
C-14-CH	TIPO 6
C-14-CH	TIPO 6
C-14-CH	TIPO 5
C-14-CH	TIPO 6

Tabla 80 Leyenda de especímenes a compresión
(Elaboración propia)

Códigos	Especificación
C-7	monolíticos a 7 días
C-14	monolíticos a 14 días
C-28	monolíticos a 28 días
C-7-SK	sika de 7 y 28 días
C-7-CH	chema de 7 y 28 días
C-14-SK	sika de 14y 28 días
C-14-CH	chema de 14 y 28 días

TIPOS DE FALLA DE PROBETAS A TRACCIÓN:

Tabla 81 Tipos de falla de especímenes a compresión (Elaboración propia)

TESTIGO	TIPO DE FALLA
T-7	NORMAL
T-7	NORMAL
T-7	NORMAL
T-7	TRIPLE ENDIMIENTO
T-7	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14	NORMAL
T-14	NORMAL
T-14	NORMAL
T-14	NORMAL
T-14	TRIPLE ENDIMIENTO
T-28	TRIPLE ENDIMIENTO
T-28	TRIPLE ENDIMIENTO
T-28	NORMAL
T-28	NORMAL
T-28	TRIPLE ENDIMIENTO
T-7-SK	NORMAL
T-7-SK	NORMAL
T-7-SK	NORMAL
T-7-SK	NORMAL
T-7-SK	TRIPLE ENDIMIENTO
T-7-CH	NORMAL
T-7-CH	NORMAL
T-7-CH	TRIPLE ENDIMIENTO
T-7-CH	TRIPLE ENDIMIENTO
T-7-CH	NORMAL
T-14-SK	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-SK	NORMAL
T-14-SK	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-SK	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-SK	NORMAL
T-14-CH	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-CH	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-CH	TRIPLE ENDIMIENTO
T-14-CH	NORMAL
T-14-CH	NORMAL

Tabla 82 Leyenda de especímenes a tracción
(Elaboración propia)

Códigos	Especificación
T-7	monolíticos a 7 días
T-T14	monolíticos a 14 días
T-28	monolíticos a 28 días
T-7-SK	sika de 7 y 28 días
T-7-CH	chema de 7 y 28 días
T-14-SK	sika de 14 y 28 días
T-14-CH	chema de 14 y 28 días

ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICO HIPÓTESIS "A" (SOFTWARE SPSS)

Resumen de procesamiento de casos

Estado		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia	monolitico	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%
	sikacompresion	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%

Descriptivos

Estado		Estadístico	Error estándar		
Resistencia	monolitico	Media	211,1380	,63668	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	209,3703	
			Límite superior	212,9057	
		Media recortada al 5%		211,0944	
		Mediana		210,7600	
		Varianza		2,027	
		Desviación estándar		1,42366	
		Mínimo		209,72	
		Máximo		213,34	
		Rango		3,62	
		Rango intercuartil		2,53	
		Asimetría		1,030	,913
		Curtosis		,627	2,000
		sikacompresion	sikacompresion	Media	231,3620
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			225,4879	
	Límite superior			237,2361	
Media recortada al 5%				231,5683	
Mediana				234,2400	
Varianza				22,381	
Desviación estándar				4,73084	
Mínimo				223,96	
Máximo				235,05	
Rango				11,09	
Rango intercuartil				8,05	
Asimetría				-1,242	,913
Curtosis				,352	2,000

Estadísticas de grupo

	Estado	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Resistencia	monolitico	5	211,1380	1,42366	,63668
	sikacompresion	5	231,3620	4,73084	2,11569

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia	Se asumen varianzas iguales	7,414	,026	-9,154	8	,000	-20,22400	2,20942	-25,31893	-15,12907
	No se asumen varianzas iguales			-9,154	4,719	,000	-20,22400	2,20942	-26,00690	-14,44110

ANALISIS DE DATOS ESTADISTICO HIPOTESIS "B" (SOFTWARE SPSS)

Resumen de procesamiento de casos

		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia	CHEMA	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%
	SIKA	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%

Descriptivos

Estado		Estadístico	Error estándar		
Resistencia	CHEMA	Media	147,0480	1,03216	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	144,1823 149,9137	
		Media recortada al 5%	147,0272		
		Mediana	146,5200		
		Varianza	5,327		
		Desviación estándar	2,30798		
		Mínimo	144,37		
		Máximo	150,10		
		Rango	5,73		
		Rango intercuartil	4,37		
		Asimetría	,343	,913	
		Curtosis	-1,449	2,000	
	SIKA		Media	231,3620	2,11569
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	225,4879 237,2361
		Media recortada al 5%	231,5683		
		Mediana	234,2400		
		Varianza	22,381		
		Desviación estándar	4,73084		
		Mínimo	223,96		
		Máximo	235,05		
		Rango	11,09		
		Rango intercuartil	8,05		
		Asimetría	-1,242	,913	
		Curtosis	,352	2,000	

Estadísticas de grupo

	Estado	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Resistencia	CHEMA	5	147,0480	2,30798	1,03216
	SIKA	5	231,3620	4,73084	2,11569

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas	prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia	Se asumen varianzas iguales	3,470	,100	-35,817	8	,000	-84,31400	2,35404	-89,74243	-78,88557
	No se asumen varianzas iguales			-35,817	5,802	,000	-84,31400	2,35404	-90,12213	-78,50587

ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico:



Figura N°34 Análisis granulométrico de los agregados



Figura N°35 Contenido de la humedad de los agregados

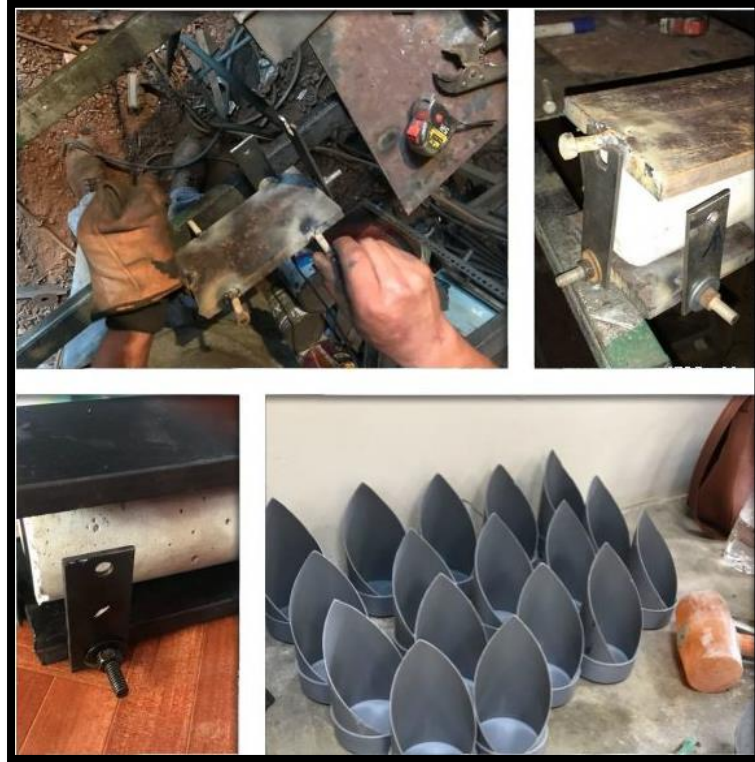


Figura N°36 Fabricación de moldes de probetas y de acoplamiento para tracción indirecta



Figura N°37 Elaboración de mezcla de concreto para muestras



Figura N°38 Aplicación de los productos adherentes



Figura N°39 Productos adherentes aplicados en la mitad del concreto a 28 días



Figura N°40 Curado de probetas



Figura N°41 Probetas de concreto para ensayos



Figura N°42 Ensayo de resistencia a la compresión



Figura N°43 Ensayo de resistencia a la tracción



Figura N°44 Ensayo de resistencia a tracción



Figura N°45 Análisis de probetas después de ensayos

ANEXO 2: Solicitud de aditivo Sikadur 32 gel a empresa SIKA.



Trujillo 30 Enero del 2018.

Ing. Wiston Azañedo Medina
Coordinador de la carrera profesional de Ingeniería civil
Universidad Privada del norte

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente me dirijo a usted para gestionar la comunicación con la empresa distribuidora Sika Perú y solicitar el producto adhesivo Sikadur 32 gel (1kg) que será utilizado en la elaboración de la Tesis "Evaluación de productos adherentes para juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas" para optar por el grado de ingeniero civil.

Agradezco de antemano su atención y consideración a la presente.

Atentamente Juan Carlos Lau Agurto

Bachiller de Ingeniería Civil.

Universidad privada del norte

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA SIKADUR 32 GEL.



HOJA TÉCNICA

Sikadur®- 32 Gel

Puente de Adherencia

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

USOS

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibra cemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Fácil de aplicar
- Libre de solventes
- No es afectado por la humedad
- Altamente efectivo, aun en superficies húmedas
- Trabajable a bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tracción

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES
GRIS (MEZCLA A+B)

ASPECTO
Líquido Densio

PRESENTACIÓN
Juego de 1 kg.
Juego de 5 kg.

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Se puede almacenar en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.

Hoja Técnica
Sikadur®- 32 Gel
21.01.15. Edición 6

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA CHEMA EPOX ADHESIVO 32.



DESCRIPCIÓN Pegamento epóxico gris compuesto por resinas epóxicas y cargas seleccionadas de dos componentes de alta adherencia y elevadas resistencias mecánicas. Asegura una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con metal y otros.
Componentes: Parte "A" Resina Epóxica y Parte "B" Catalizador. Este pegamento una vez mezclado puede aplicarse como puente de adherencia o para preparar un mortero epóxico de reparación en elementos estructurales (de concreto o como relleno de canchales).

- USOS**
- Como puente de adherencia entre concreto fresco y endurecido.
 - Unión de prefabricados de concreto.
 - Como anclaje
 - Extensión de columnas
 - Apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas
 - Fijación de los refuerzos estructurales
 - Para reparaciones de elementos de concreto (tubos y otros).
 - Para pegar concreto nuevo a viejo y/o reemplazando los elementos deteriorados o desgastados, por ejemplo en la reparación de losas desgastadas.
 - Para pegar diversos materiales del mismo tipo o totalmente diferentes como hierro o concreto, fibrocemento, madera y otros.
 - Para reparaciones de grietas de volumen en elementos estructurales.
 - Para resaca de muros de ladrillo portantes que hayan sufrido rajaduras.

- VENTAJAS**
- Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.
 - Alta resistencia a la humedad y a los ataques químicos.
 - Producto de fácil aplicación.
 - Alta adherencia sobre concreto, hierro, acero, piedra, madera, fibrocemento y otros.

DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	CHEMA EPOX 32	
	A-T-E-P-E-32	
Color	Parte "A"	Gris Oscuro
	Parte "B"	Amarillo
	Mezcla Final	Gris Oscuro
Peso específico (kg/cm ³)	Parte "A"	1.180
	Parte "B"	1.180
	Mezcla Final	1.194
Viscosidad (cP)	Mezcla Final	100-2
	Mezcla Final	20-30"
Punto de ebullición completo (kg/cm ²)	20°C	30.0
	30°C	37.0
	50°C	57.4
Densidad (kg/cm ³)	20°C	1.180
	30°C	1.180
	50°C	1.194
Secado	Mezcla	4-30"
	Mezcla Final	3-4"
Humedad	Mezcla Mezcla de Aplicación	1-2-3000 kg/cm ² -2-300
	Mezcla Mezcla de Preparación	4-30-1000 kg/cm ² -2-300
Preparación Mezcla de Aplicación	Parte "A"	3
	Parte "B"	1
Preparación Mezcla de Preparación (kg)	Parte "A"	4.11
	Parte "B"	0.89
	Mezcla	5.00

ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORLAND TIPO ICO.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 885 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000

G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICO
Conforme a la NTP 334.090
Piura, 21 de Septiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	1.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	1.99	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	6	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.065	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5020	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	24.1 (245)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	28.3 (288)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (Kg/cm ²)	32.4 (330)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	111	Mínimo 45
Fraguado Final	min	260	Máximo 420

ANEXO 6: COMERCIALIZADORA DE CEMENTO PORLAND TIPO ICO.

The screenshot shows the SODIMAC website interface. At the top, there is a search bar with the text "¿Qué te podemos ayudar a encontrar hoy?" and a magnifying glass icon. To the right of the search bar are icons for a shopping cart and a user profile labeled "Mi cuenta". Below the search bar, there are navigation links for "Categorías" and "Campañas e Ideas", and a note "Tienda seleccionada: Trujillo". A promotional banner at the top of the product page reads "DEL 24 AL 26 DE ABRIL" in a blue box, "CYBER SODIMAC" in a red box, "PREPÁRATE" in a white box, and "Faltan: 0d 18h 39m 31s" in a red box. The product title is "Cemento Extraforte 42.5 Kg Pacasmayo" with a SKU of "113279-2" and a "Compartir" icon. The product image shows a bag of cement with "PACASMAYO" written vertically and "CEMENTO EXTRA FORTE CON ADICIONES ACTIVAS" on a red background. The price is listed as "S/ 22.80 C/U" with "Acumulas: 22 CMR Puntos" below it. A quantity selector shows "1" with plus and minus buttons, and a red "Agregar al carro" button. To the right is a blue "Agregar a mi lista" link. A section titled "REVISLA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:" contains three rows of availability information: "Disponible para despacho a domicilio" with a "Simular costo de despacho" link, "Disponible para retiro en tienda" with a "Ver tiendas disponibles" link, and "Stock disponible en tiendas" with a "Ver stock" link.

SODIMAC ¿Qué te podemos ayudar a encontrar hoy?

Categorías Campañas e Ideas Tienda seleccionada: Trujillo

DEL 24 AL 26 DE ABRIL CYBER SODIMAC PREPÁRATE Faltan: 0d 18h 39m 31s

Cemento Extraforte 42.5 Kg Pacasmayo

SKU 113279-2 | Compartir

S/ 22.80 C/U
Acumulas: 22 CMR Puntos

Cantidad: 1 **Agregar al carro** [Agregar a mi lista](#)

REVISLA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:

- Disponible para despacho a domicilio [Simular costo de despacho](#)
- Disponible para retiro en tienda [Ver tiendas disponibles](#)
- Stock disponible en tiendas [Ver stock](#)



Anclaje epóxico adhesivo 1kg

CHEMA | SKU: 79277

Producto vendido y despachado por: **PROMART**
HOMECENTER

S/ 78.10

- 1 +

AGREGAR

DESCRIPCIÓN

Pegamento epóxico gris para adherir concreto nuevo a concreto antiguo.

 **CIERRA PUERTAS** online

Precios Increíbles | Del 14 al 19 Junio [VER MÁS >](#)

Adhesivo sikadur 32 1 kg Sika

SKU 8882-1 | ★★★★★ | [Compartir](#)



! Precio corresponde a tienda: SODIMAC SAN MIGUEL.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

S/ **58.90** C/U

Acumulas: 58 CMR Puntos


Cantidad

1


[Agregar al carro](#)

[Agregar a mi lista](#)

REVISLA LA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:

 Disponible para despacho a domicilio

[Simular costo de despacho](#)

 Disponible para retiro en tienda

[Ver tiendas disponibles](#)

 Stock disponible en tiendas

[Ver stock](#)

NORMA TÉCNICA NTP 400.012
PERUANA 2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates.

2013-01-16
3ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptor: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis
granulométrico

© INDECOPI 2013

**NORMA TECNICA
PERUANA**

**NTP 400.021
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso
específico y absorción del agregado grueso**

AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate

2002-05-16
2ª Edición

R.0048-2002-INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor(es): absorción, agregado, agregado grueso, peso específico

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso
unitario del agregado**

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21
2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.185
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prensa 104, San Borja (Lima-41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
contenido de humedad total evaporable de agregados por
secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International.

**2013-08-07
2ª Edición**

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Solo la edición inglesa que ASTM publicó y protege por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 39/C 39M-05¹, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹, 2005. Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 39/C 39M-05¹, Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto¹, 2005, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Traducida y reimpresa según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 39/C 39M – 05¹

Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto¹

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 39/C 39M; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en el caso de una revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una epígrafe (i) como superíndice un cambio de la editorial desde la última revisión o reaprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su utilización por las agencias del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

¹ NOTA—La nota 1 fue corregida editorialmente en setiembre de 2008.

1. Alcance^a

1.1 Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene un peso unitario mayor que 50 lb/ft³ [800 kg/m³].

1.2 Los valores indicados en unidades pulgada-libra o en unidades SI deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación.

1.3 *Esta norma no pretende tener en cuenta todo lo relativo a seguridad. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso. (Peligro—Deben ser provistos los medios para contener los fragmentos de concreto durante la rotura repentina de especímenes. La tendencia a una rotura repentina se incrementa con el aumento de la resistencia del concreto y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Las precauciones de seguridad dadas en el *Manual of Aggregate and Concrete Testing* son recomendadas.)*

1.4 El texto de las notas de referencia de esta norma proveen material explicativo. Estas notas no serán consideradas como requerimientos de la norma.

2. Documentos citados

2.1 Normas ASTM²

- C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

¹ Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité C09 de ASTM sobre Concreto y Agregados de Concreto y es responsabilidad directa del Subcomité C09.01 sobre Ensayos de Resistencia de Concreto.

ASTM C881

Adhesives

Epoxy Resin Systems for
Civil Engineering Applications

ASTM C881

“Standard Specification for Epoxy-Resin Based Bonding Systems for Concrete”

Replace or Repair? A restoration project properly executed and using the correct repair products can add years to the service life of a structure. The cost to properly repair a structure is often significantly less than the cost of replacement or further deterioration. However, a poorly designed repair project using the wrong products can result in a continuing, expensive headache. The American Society for Testing and Materials developed ASTM C881 to assist engineers, architects and contractors select resin systems best suited for a particular application.

This specification defines a classification system for epoxy resins and is routinely referenced in civil engineering projects. Seven **Types** are listed, based on application and physical properties such as compressive strength, modulus and bond strength. For each **Type** of epoxy system, the specification describes three **Grades** according to viscosity and sag resistance.

Grade 1: Low Viscosity (2,000 cps max.)

Grade 2: Medium Viscosity (2,000 – 10,000 cps)

Grade 3: Non-Sag (1/4" sag resistance)

The epoxy systems are further characterized by **Class**, which indicates the temperature range in which the epoxy can be applied. As an example, Class A products are designed for use below 40 degrees F., Class B products are for use between 40-60 degrees F., and Class C products are for use above 60 degrees F. **Epoxy Chemicals, Inc.** provides epoxy curing agents used to formulate the **Types, Grades and Classes** commonly used in civil engineering applications.

Epoxy Chemicals amine curing agents, A-6 Polyamine, FB-31 Polyamine, and FS-290 Polyamine, are used in the formulation of the following ASTM C881 epoxies:

Type I – Bonding hardened concrete to hardened concrete (non-load bearing).

Type II – Bonding fresh concrete to hardened concrete (non-load bearing)

Type III – Bonding skid resistant materials to hardened concrete (low modulus)

Type IV – Bonding hardened concrete to hardened concrete (load bearing)

Type V – Bonding fresh concrete to hardened concrete (load bearing)

Type VI – Bonding and sealing segmental pre-cast elements with internal tendons and span by span erection.

Type VII – Sealing segmental pre-cast elements.

**NORMA
TÉCNICA
GUATEMALTECA**

**COGUANOR
NTG 41060**

**Práctica para la elaboración y curado de especímenes de
ensayo de concreto en el laboratorio.**

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma
ASTM C192-07, la cual fue revisada con el conocimiento y
experiencia de los integrantes del CTN de Concreto.

Adoptada Consejo Nacional de Normalización:



Comisión Guatemalteca de Normas
Ministerio de Economía

Edificio Centro Nacional de Metrología Referenda
Calzada Atanasio Azul 27-32, zona 12
Teléfonos: (502) 2247-2600
Fax: (502) 2247-2687
www.mineco.gob.gt
Info-coguanor@mail.mineco.gob.gt