

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA
RESISTENCIA POR ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS
CON ADHESIVO EPOXICO**

PRESENTADO POR:

Bach. ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIPE

Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU
2020**

Ph.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

ASESOR

DEDICADO A

A mi madre la cual me brindo todo su apoyo y confianza, corrigiendo con amor mis faltas.

A mi familia quien me regalo los momentos más dulces.

A los grandes maestros que con paciencia me brindaron sus enseñanzas.

A mis amigos y colegas que me acompañaron en momentos difíciles brindándome ayuda y fortaleza.

Alcides E. Huamanlazo Taipe

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser quien da la vida, salud e inteligencia para el desarrollo de todo lo planeado en nuestras vidas.

A mi familia que me dio su total apoyo y confianza que han sido para mi persona de gran valor que me motivaron a progresar y no rendirme nunca.

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil, los cuales vieron en mi a un ser humano capaz de asimilar y comprender lo enseñado.

Alcides E. Huamanlazo Taipe

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

ING. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS
JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE
JURADO

Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

| | |
|--|------|
| CARATULA | II |
| ASESOR | II |
| DEDICADO A : | III |
| AGRADECIMIENTO | IV |
| HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS | V |
| ÍNDICE | VI |
| INDICE DE TABLAS | IX |
| INDICE DE FIGURAS | X |
| RESUMEN | XII |
| ABSTRACT | XIII |
| INTRODUCCION | XIV |
| | |
| CAPITULO I | 15 |
| 1.PROBLEMA DE LA INVESTIGACION..... | 15 |
| 1.1.Planteamiento del problema | 15 |
| 1.2.Formulación y sistematización del problema | 15 |
| 1.2.1.Problema General..... | 15 |
| 1.2.2.Problemas específicos..... | 16 |
| 1.3.Justificación..... | 16 |
| 1.3.1.Practica o Social..... | 16 |
| 1.3.2.Científica o teórica..... | 16 |
| 1.3.3.Metodológica | 17 |
| 1.4.Delimitaciones | 17 |
| 1.4.1.Espacial | 17 |
| 1.4.2.Temporal | 18 |
| 1.4.3.Económica..... | 18 |
| 1.5.Limitaciones | 18 |
| 1.6.Objetivos..... | 20 |
| 1.6.1.Objetivo General | 20 |

| | |
|---|----|
| 1.6.2.Objetivos Específicos..... | 20 |
| | |
| CAPITULO II | 21 |
| 2.MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1.Antecedentes..... | 21 |
| 2.1.1.Antecedentes nacionales..... | 21 |
| 2.1.2.Antecedentes internacionales..... | 23 |
| 2.2.Marco Conceptual..... | 26 |
| 2.2.1.Concreto..... | 26 |
| 2.2.2.Arena Graduada (Arena Ottawa): | 45 |
| 2.2.3.Mortero..... | 46 |
| 2.2.4.Adhesivo..... | 47 |
| 2.2.4.1.Puente de adherencia | 47 |
| 2.2.4.1.1. Usos del adhesivo epoxico... .. | 48 |
| 2.2.5.Diseño y evaluación de las uniones adhesivas..... | 60 |
| 2.2.6.ASTM C882..... | 64 |
| 2.2.7.Lixiviación del Calcio en el Concreto | 65 |
| 2.3.Definición de términos..... | 71 |
| 2.4.Hipótesis..... | 73 |
| 2.4.1.Hipótesis General | 73 |
| 2.4.2.Hipótesis Específica..... | 73 |
| 2.5.Variables | 73 |
| 2.5.1.Definición conceptual de la variable..... | 73 |
| 2.5.2.Definición operacional de la variable..... | 73 |
| 2.5.3.Operacionalización de la variable..... | 73 |
| | |
| CAPITULO III..... | 75 |
| 3.METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION..... | 75 |
| 3.1. Método de investigación..... | 75 |
| 3.2. Tipo de investigación..... | 75 |
| 3.3. Nivel de investigación..... | 75 |
| 3.4. Diseño de la investigación..... | 75 |

| | |
|--|-----|
| 3.5.Población y muestra..... | 76 |
| 3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 79 |
| 3.7.Procesamiento de la información..... | 80 |
| 3.8.Técnicas y análisis de datos..... | 80 |
| | |
| CAPITULO IV..... | 84 |
| 4.RESULTADOS..... | 84 |
| 4.1. Resultados de ensayos de caracterización del agregado:..... | 84 |
| 4.2. RESULTADOS DE LABORATORIO DE CONCRETO:..... | 85 |
| 4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS:..... | 94 |
| | |
| CAPITULO V..... | 106 |
| 5.DISCUSION DE RESULTADOS:..... | 106 |
| 5.1.Prueba estadística:..... | 106 |
| 5.2.CONCLUSION | 111 |
| 5.3.RECOMENDACIONES..... | 112 |
| 5.4.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 113 |
| | |
| ANEXOS..... | 115 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Tabla de componentes químicos del cemento portland | 29 |
| Tabla 2: Compuesto químicos del cemento portland | 29 |
| Tabla 3: Componentes del agua y sus efectos | 36 |
| Tabla 4: Requisitos que debe cumplir el agua | 37 |
| Tabla 5: Clasificación según el tamaño del agregado..... | 39 |
| Tabla 6: Clasificación según su forma y textura superficial..... | 40 |
| Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino..... | 45 |
| Tabla 8: Clasificación granulométrica para arena graduada | 46 |
| Tabla 9: Operacionalización de las variables de la investigación | 74 |
| Tabla 10: Características de la muestra..... | 76 |
| Tabla 11: Valores de la Distribución Normal Estandarizada | 77 |
| Tabla 12: Resultados del grupo patrón por Resistencia por adherencia..... | 78 |
| Tabla 13: Cálculo de la muestra | 79 |
| Tabla 14: Ejemplo de cuadro comparativo entre grupos evaluados según prueba de Tukey | 82 |
| Tabla 15: Caracterización del agregado fino..... | 84 |
| Tabla 16: Resultados de Resistencia a compresión de los morteros..... | 85 |
| Tabla 17: Resultados de resistencia por adherencia – Grupo Patrón..... | 86 |
| Tabla 18: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 3% | 87 |
| Tabla 19: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 6% | 89 |
| Tabla 20: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 9% | 91 |
| Tabla 21: Síntesis del procesamiento de datos..... | 95 |
| Tabla 22: Prueba Estadística de los datos..... | 95 |
| Tabla 23: Prueba de normalidad de los datos..... | 96 |
| Tabla 24: Prueba de Levene para demostrar homogeneidad de varianzas..... | 100 |
| Tabla 25: Prueba de homogeneidad de varianzas de los datos | 101 |
| Tabla 26: Prueba estadística de ANOVA | 102 |
| Tabla 27: Cuadro comparativo entre tratamientos según prueba de Tukey | 104 |
| Tabla 28: Resultado de comparación múltiple de prueba de Tukey por SPSS.. | 104 |
| Tabla 29: Resumen de resultados de prueba de Tukey | 105 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema tradicional de la estructura del cemento hidratado | 34 |
| Figura 2: Condiciones de humedad de agregado | 42 |
| Figura 3: Comportamiento de 3 morteros en resistencia vs. relación A/C | 47 |
| Figura 4: Esquema de una unión adhesiva..... | 48 |
| Figura 5: Procedimiento para el uso de Adhesivo Epóxico para unir concreto.... | 52 |
| Figura 6: Aplicación de resina epóxica por el método de inyeccion..... | 53 |
| Figura 7: Modelo de la teoría de la adherencia mecanica | 57 |
| Figura 8: Esquema de la teoría de la difusión..... | 58 |
| Figura 9: Esquema de la teoría eléctrica..... | 59 |
| Figura 10: Tipos de sollicitaciones en uniones adhesivas | 61 |
| Figura 11: Comportamiento de la unión adhesiva en la resistencia de adhesión vs el área de adhesion..... | 63 |
| Figura 12: Comportamiento del grosor en la resistencia de adhesión vs el solapameinto..... | 63 |
| Figura 13: Mecanismo de lixiviación del calcio en la pasta de cemento | 66 |
| Figura 14: Modelo de la microestructura de la pasta de cemento hidratada..... | 67 |
| Figura 15: Resultados del microscopio de fuerza atómica;..... | 70 |
| Figura 16: Curva Granulométrica del agregado fino | 85 |
| Figura 17: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia sin influencia del HCl..... | 87 |
| Figura 18: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 3%..... | 88 |
| Figura 19: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 3%..... | 89 |
| Figura 20: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 6%..... | 90 |
| Figura 21: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 6%..... | 91 |
| Figura 22: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 9%..... | 92 |
| Figura 23: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 9%..... | 93 |
| Figura 24: Comportamiento del mortero en la resistencia por adherencia de acuerdo al aumento de concentración de ácido clorhídrico | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 25: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente sin influencia del HCl. | 96 |
| Figura 26: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente sin influencia del HCl | 97 |
| Figura 27: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 3%. | 97 |
| Figura 28: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 3%. | 98 |
| Figura 29: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%. | 98 |
| Figura 30: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%. | 99 |
| Figura 31: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 9%. | 99 |
| Figura 32: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%. | 100 |
| Figura 33: Diagrama de caja y bigote donde se muestra una considerable diferencia entre los grupos con influencia de HCl al 0%, 3%, 6% y 9%. | 101 |

RESUMEN

La presente tesis “Influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico en la provincia de Huancayo” tiene como objetivo determinar la influencia que produce el ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia en la unión entre concretos con puente adherencia, la investigación tiene como problema general: ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico?

Para conocer la influencia que tiene el ácido clorhídrico (HCl) se realizaron ensayos de probetas de mortero con relación $a/c=0.65$ de 3”x6” donde se le realiza un corte con un ángulo de 30° antes de unir las piezas se aplicó ácido clorhídrico en concentración de 3%, 6% y 9% en las superficies que se unirán, posteriormente unir las piezas con un puente de adherente de adhesivo epóxico y finalmente ensayarlos a compresión lo que resultaría la resistencia por adherencia.

Donde se obtuvo los siguientes resultados que el ácido clorhídrico en concentraciones de 3%, 6% y 9% influye en una mejora de la resistencia por adherencia de 26.85%, 58.80% y 45.89% correspondientemente.

Palabras claves: Mortero, resistencia por adherencia, ataque de ácidos, porosidad, adhesivo epóxico, puente de adherencia.

ABSTRACT

The present thesis "Influence of hydrochloric acid on the resistance to adhesion between concretes with epoxy adhesive in the province of Huancayo" aims to determine the influence that hydrochloric acid produces on the resistance to adhesion in the union between concretes with an adhesion bridge , the research has as a general problem: What is the influence of hydrochloric acid on the resistance to adhesion between concretes with epoxy adhesive?

To know the influence of hydrochloric acid (HCl), mortar specimen tests were carried out with a / c = 0.65 of 3 "x6" where a cut is made at an angle of 30 ° before joining the pieces. Hydrochloric acid in a concentration of 3%, 6% and 9% on the surfaces to be joined, then join the pieces with an epoxy adhesive bonding bridge and finally test them under compression, which would result in resistance to adhesion.

Where the following results were obtained that hydrochloric acid in concentrations of 3%, 6% and 9% influences an improvement in adherence resistance of 26.85%, 58.80% and 45.89% correspondingly.

Keywords: Mortar, bond strength, acid attack, porosity, epoxy adhesive, bonding bridge.

INTRODUCCION

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Huancayo, departamento de Junín, teniendo como principal objetivo analizar en qué manera influye la aplicación del ácido muriático antes del uso del adhesivo epóxico Sikadur 32 Gel, por lo cual se aplica el ácido en las superficies de unión de los concretos para aprovechar la porosidad que deja el ataque de ácidos en el concreto para mejorar la adhesión y la infiltración del epóxico en las áreas de unión, para luego determinar la resistencia por adherencia por el método de ASTM C 882; en la investigación se ha planteado como Problema General : ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico en la ciudad de Huancayo, siendo el objetivo general Determinar la influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico en la ciudad de Huancayo y la Hipótesis general “La aplicación del ácido clorhídrico mejora en la adherencia ente concretos con adhesivo epóxico en la ciudad de Huancayo”.

La tesis es de tipo Cuantitativo, nivel de investigación explicativo y diseño experimental debido a que la variable independiente (ácido clorhídrico) cambiará a la variable dependiente (resistencia por adherencia), y se tiene control total en la variable independiente. En el presente estudio tenemos como población y muestra a los elementos de concreto (Briquetas) que fueron elaborados en la ciudad de Huancayo, un muestreo de patrón para comprobar la resistencia de diseño del mortero y muestreos de probetas de mortero con relación $a/c=0.65$ y curados por 21 días, después fueron cortados con un ángulo de 30° posteriormente elaboradas tanto con puente de adherencia con el ataque de ácido y sin estas para analizar la influencia del ácido en la resistencia por adherencia, dado que nuestra muestra es igual que nuestra población se deduce que el método de muestreo es probabilístico

ya que a la hora de escoger nuestra muestra tiene un valor de probabilidad de ser o no seleccionado para nuestro propósito en la investigación.

El diseño de investigación es de tipo explicativo - experimental debido a que se manipula de manera intencional la aplicación del ácido clorhídrico en el ensayo de adherencia en concretos, para luego analizar las consecuencias que genera en el concreto.

En la presente investigación de tesis se analiza a profundidad el comportamiento del mortero con puente de adherencia en cuanto a su resistencia por adherencia bajo la influencia del adhesivo epóxico Sikadur 32 gel.

Para los cuales se utilizaron las herramientas requeridas y bases teóricas relacionado específicamente en conceptos de diseño de mortero bajo la norma ASTM C109 método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, propiedades mecánicas del mortero bajo la norma ACI 211.91, ensayos de agregados de la arena graduada bajo la norma ASTM C778 especificación estándar para arena graduada.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

En los tiempos que acontecen la tecnología del concreto ha evolucionado a pasos agigantados y la gama de productos que se crean para mejorar las características del concreto son muchas, se sabe que en el proceso constructivo es importante dar solución a los proyectos y en la búsqueda de ampliación de proyectos se necesita dar continuidad al proceso constructivo de un proyecto en ejecución por lo cual existe la necesidad de usar puentes de adherencia para unir concretos para que pueda darse continuidad en las estructuras en el vaciado y se mantenga un comportamiento monolítico, de la investigación de Huayta Torres Y. (2018) sobre la adherencia entre concreto antiguo y nuevo utilizando el adhesivo epóxico hace un análisis en la incidencia del tiempo de curado para mejorar la resistencia por adherencia, donde se concluyó que en condiciones de laboratorio se pudo obtener un resistencia por adherencia del 88.87% como máximo de lo que especifica el fabricante y utilizando el puente de adherencia en condiciones de alta incidencia de curado se obtuvo 86.78% como máximo del cual se puede llegar a la conclusión de que la incidencia en el curado no influye sustancialmente en la mejora de adherencia entre concretos, para lo cual esta investigación se enfoca en una alternativa en el modo de uso del adhesivo epóxico Sikadur 32 Gel que se utiliza para la adherencia entre concreto viejo y concreto nuevo lo cual es complementado con la aplicación del ácido clorhídrico en las superficies de concreto a unir para mejorar la resistencia por adherencia.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxicos?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico al aplicar una concentración de 3% en las superficies del concreto a unir para determinar la resistencia por adherencia entre concretos?
- ¿Cuál es la Influencia del ácido clorhídrico al aplicar una concentración de 6% en las superficies del concreto a unir para determinar la resistencia por adherencia entre concretos?
- ¿Cuál es la Influencia del ácido clorhídrico al aplicar una concentración de 9% en las superficies del concreto a unir para determinar la resistencia por adherencia entre concretos?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica o Social

La presente investigación servirá como referencia para la comunidad científica, estudiantes, y profesionales de la investigación que se desarrollarán los temas con respecto a los temas del uso de adhesivos epóxicos, el ataque de ácido especialmente en la dosificación y uso del ácido clorhídrico en el concreto, los nuevos conocimientos adquiridos servirán a la población el uso de estas nuevas tecnologías.

1.3.2. Científica o teórica

La investigación se desarrolla con la metodología científica en los cuales se desarrolla en la investigación las propiedades de los materiales y el uso de nuevas tecnologías pocos convencionales como son los adhesivos epóxicos para la unión de dos concretos que inicialmente fueron endurecidos para posteriormente usar el adhesivo epóxico como puente de adherencia con el fin de obtener un elemento

monolítico, en el proceso de la conformación del puente de adherencia se hace una variante con el uso de ácido clorhídrico en las superficies que serán unidas con el fin de poder aprovechar la porosidad que dejó el ataque del ácido en el mortero, para finalmente determinar la influencia en la resistencia por adherencia.

1.3.3. Metodológica

La presente investigación es científica, metodológica y lógica, del cual tiene un enfoque cuantitativo tipo explicativo y diseño experimental en donde se abarca la investigación con un grupo de muestras de mortero de forma cilíndrica que fueron cortadas para ser unidas con adhesivo epóxico que servirán como patrón y posteriormente se presentan 3 grupos en donde fueron aplicados el ácido clorhídrico en diferentes concentraciones antes de aplicar la resina para luego determinar la influencia que tuvo el ácido en la resistencia por adherencia.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente tesis se delimita espacialmente de la siguiente manera, fue realizada en Huancayo para lo cual se tiene en consideración importante el clima Templado Seco y la temperatura que varía entre 8°C a 20°C en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre, asimismo el adhesivo epóxicos Sikadur 32 Gel no tiene una especificación completa en los cuales carecen de características mecánicas y son limitados, la tesis se enfoca específicamente en la resistencia por adherencia donde la información es muy limitado localmente y existe falta de experiencia del investigador para lo cual se opta por la normativa internacional por falta de normatividad nacional y especificaciones para conocer con exactitud la resistencia por adherencia entre concretos de diferentes edades por el medio de uso de adhesivos epóxicos, se utilizó la norma ASTM C882 en el cual indica que es el método de prueba estandarizado para hallar la resistencia de adherencia de los

sistemas de resina epoxi utilizados con hormigón, donde la norma indica que para hallar la resistencia por adherencia entre concretos se debe contar con probetas de mortero las cuales fueron fabricadas de acuerdo a la norma ASTM C109 ensayo para hallar la resistencia a la compresión en morteros, debido a que localmente no hay disponibilidad para la compra o alquiler de las briquetas por lo cual se optó por la fabricación de briquetas para probetas de 3"x6" de dimension.

1.4.2. Temporal

La tesis tuvo como tiempo de realización de marzo a noviembre del año 2020, que comprende la recolección de información, consulta de productos, revisión de la bibliografía, asesoría en la investigación, búsqueda de disponibilidad de los recursos, cotizaciones, compra de materiales, caracterización de los materiales, fabricación de las briquetas, fabricación de las muestras las probetas de mortero de 28 días las cuales fueron diseñadas para concretos con resistencia a compresión 204 kg/cm² para un mortero con relación A/C =0.65, las cuales cumplan con las normas y procedimientos del diseño de mezclas del ACI.

1.4.3. Económica

La tesis tuvo como fuente de financiación al propio investigador interesado, lo cual resulto viablemente económico la contratación del laboratorio, asesores y consultas como también compra de materiales y componentes, lo cual permitió el desarrollo factible de la investigación.

1.5. Limitaciones

En la investigación se encontraron limitaciones generales como la poca bibliografía sobre la investigación de adherencia entre concretos, como también la falta de experiencia, en cada etapa de la investigación hubo limitaciones lo cual se detalla a continuación:

Limitaciones en la fabricación de morteros:

- La tesis estudia específicamente a morteros con resistencia promedio a compresión de 205 Kg/cm².
- En la preparación de los cementos hidráulicos se utilizó el cemento tipo I ya que no se logró obtener el cemento tipo III que la norma recomienda asimismo se tiene poca información sobre este tipo de cemento como la composición, comportamiento y otros.
- Las proporciones y el procedimiento que se siguió para la preparación de las muestras fue la norma ASTM C109 método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.
- El agregado fino que se utiliza para la preparación de cemento hidráulico cumple con la granulometría especificada en la norma ASTM C778 especificación estándar para arena graduada, pero no cumple en los siguientes aspectos: no existe disponibilidad localmente de arena compuesta de sílice natural que contenga mayormente la totalidad de cuarzo, grano redondeado de cuarzo casi puro.

Limitaciones en el puente de adherencia:

- El adhesivo que se utilizó es el Sikadur 32 que es de tipo epóxico.
- El adhesivo cumple con los requerimientos para un adhesivo epóxico para sistemas de adherencia para concreto que se indica en la normas ASTM C881.
- Para el corte de las probetas que indica la norma ASTM C882 se utilizó una disco de corte diamantado en una sierra circular de 9" para poder respetar el espaciado mínimo y el ángulo de corte que es de 30°.
- Se utilizó el ácido clorhídrico para mejorar la adherencia entre las piezas a unir.

Limitaciones para el ensayo de resistencia por adherencia:

- El estudio de la resistencia a compresión de las probetas es de 28 días.
- Las muestras de probeta fueron cortadas en el día 21.
- El puente de adherencia de resina epóxica debe secar por 10 días para alcanzar su máxima resistencia por adherencia.

- Al finalizar la preparación de la muestra se debe limar las imperfecciones que provoca el derramamiento de la resina en las probetas para que cumpla las dimensiones.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar que el ácido clorhídrico mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 3% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.
- Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 6% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.
- Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 9% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

i) A partir de la investigación de Huayta Torres Yanet y Mamani Callapiña Elizabet realizada en la Universidad Andina en el departamento de Cusco – Perú en el año 2018, investigación para tesis de título “Análisis de la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo” en el cual resumen de la investigación indica lo siguiente, “... dicho trabajo de investigación evalúa la incidencia del tiempo de curado por días del concreto respecto a la resistencia a compresión y por adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, en donde los tesisistas utilizan de base la normativa vigente que ofrece una base teorica que se especifica en la norma internacional ASTM C882 en donde indica el modo de la fabricación de las probetas asimismo especifica el comportamiento que en la investigación se tiene que considerar”.

El procedimiento que se tomo comienza con la elaboración de los especímenes, donde se toma en consideración las medidas que tendrá la briqueta y que indica la normativa, se hizo el vaciado de la primera parte de los cilindros con la forma especificada por la norma, asimismo se indica que el ensayo se hizo con una pieza de concreto antiguo de 24 horas de edad condiciones estándares en donde se colocó el puente de adherencia para finalmente verter en la briqueta un concreto fresco con el fin de rellenar el cilindro compuesto.

Los cilindros patrón que se obtuvieron en el laboratorio fueron comparados de donde se obtuvieron una relación directa con los cilindros ensayados. La tesis realizada por nuestro equipo nos permitió observar el desarrollo comparativo de la resistencia a compresión de los especímenes donde se observó y se llegó a la conclusión de que en términos generales la resistencia a compresión de un concreto

con puente de adherencia mantiene valores similares frente a la resistencia a compresión alcanzada por un concreto tradicional patrón.

ii) A partir de la investigación de Paredes Lopez Cinthia Stefani y Reyes Cossio Carlos Edmundo realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú, investigación titulada “Influencia del adhesivo epóxico colma fix 32 como puente adherente en vigas de concreto armado sujetas a flexión para la recuperación de su monolitismo” en el cual se resume en la investigación (tesis) dice lo siguiente: Los investigadores propusieron como objetivo de la investigación dar un aporte significativo sobre la influencia del adhesivo epóxico que se utiliza como un medio adherente y específicamente en un adhesivo epóxico que será usado como puente de adherencia entre dos concretos que tengan edades distintas, la tesis se realizó en la Universidad particular “Antenor Orrego” en su laboratorio de ensayo de materiales. El ensayo que se utilizó en la investigación es el uso de una máquina de compresión artesanal que no se encuentra normalizada pero sirve para los propósitos de investigación, del cual cuenta con 3 medidores de deformación de los cuales entregan las medidas que corresponden al ensayo y después se procesa la información obtenida, en la investigación se utilizó como muestra 3 vigas de materiales de concreto armado de los cuales una viga no cuenta con puente de adherencia, la segunda muestra si contiene un puente de adherencia a una altura superior a la del eje neutro y finalmente la otra muestra tiene un puente de adherencia por debajo del eje neutro. Las tres mencionadas vigas serán ensayadas con la máquina de compresión artesanal en dos puntos de carga donde se obtendrá como resultado un área de flexión pura en la viga. La información recopilada en la investigación nos ofrece datos comparativos con la muestra patrón y las dos muestras que si cuentan con puente de adherencia de donde se concluye de la investigación que el adhesivo de marca Colma Fix32, donde se obtiene resultados positivos que favorecen a la unión entre las dos piezas monolíticas.

2.1.2. Antecedentes internacionales

i) A partir de la investigación de Gustavo Adolfo Archila Ortiz realizada en la Universidad San Carlos (2007) presentado en Guatemala, investigación titulada “Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, con dos tipos de epóxicos”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: “La investigación de tesis realizada tiene como objetivo principal evaluar dos epóxicos que se comercializan en la zona con el fin de unir dos concretos de diferentes edades. En donde se tomó como bases teóricas la información especificada por los fabricantes de epóxicos donde también recomienda el modo de empleo de sus productos y diversos inconvenientes que se pueden producir en el proceso de elaboración.

La fabricación de las probetas se siguió de acuerdo al diseño de mezcla, las briquetas se fabricaron de tubos de PVC con 1.5” de radio y 6” de altura de donde se obtiene un cilindro, las medidas corresponden a lo que indica la norma en cuanto a sus dimensiones, seguidamente se rellenara de la mitad del cilindro en posición diagonal como se mencionó anteriormente, ya vaceado la primera mitad se dejara el concreto por 28 días de curado para posteriormente colocarle el puente adherente de epóxico y seguidamente rellenar de concreto fresco la otra mitad con el fin de rellenar la probeta compuesta. Para el procesamiento de datos se tiene como muestras a 3 diseños de mezcla distintos (alta resistencia, concreto estructural y baja resistencia), las mencionadas muestras se evaluarán a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días para conocer el comportamiento del concreto con puente de adherencia. De la investigación se concluye que existe una relación directa con resistencia de las muestras con los días transcurridos de los cuales confirman la hipótesis que los especímenes to.

Los resultados son comparados con cilindros patrón, los cuales nos proporcionan una referencia directa del comportamiento que se espera que los especímenes responden favorablemente al epóxico.”

ii) A partir de la investigación de Fredi Maxelio Román Reyes realizada en Universidad De San Carlos realizo en Guatemala, tesis titulada “Evaluación sobre

adherencia entre mortero fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: “La tesis de investigación tiene como objetivo evaluar los tipos de adherentes que se usan en el sector de la construcción y poder escoger el adhesivo que es más sostenible a la hora de hacer uniones entre morteros de diferentes edades en su estado sólido, de donde el tesista tomó como bases teóricas los usos de los adhesivos en concretos de donde se obtuvieron especificaciones y adecuado uso de los productos que se encuentran en el mercado.

Entre los productos que se estudiaron el adhesivo de tipo 1 tiene como función ser utilizados en la obra con la especificación de que la superficie de contacto no exista presencia de húmedas debido a que el adhesivo reacciona con la presencia de humedad del cual es llamado Remulsionable, asimismo los adhesivos de tipo 2 tiene como función ser aplicados en superficies con o sin presencia de agua.

La tesis tiene como conclusión dar descripción del comportamiento de los adhesivos en la construcción de donde se fabricaron muestras de morteros con diferentes edades de donde se concluye que los adhesivos de tipo 2 tiene mejor rendimiento en cuanto al costo que esto genera y el uso flexible en cuanto al vertido del producto del cual se recomienda por ser adhesivo de buenas prestaciones.”

iii) A partir de la investigación de Huashan Yang et al. (2018) realizada en Universidad de Guizhou: Escuela de ingeniería de materiales y arquitectura Guiyang – China, investigación titulada “Calcium leaching behavior of cementitious materials in hydrochloric acid solution” – “Comportamiento de lixiviación de calcio de materiales cementosos en solución de ácido clorhídrico”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: la investigación tiene como objetivo principal el comportamiento de lixiviación frente a una solución de ácido clorhídrico en una pasta de cemento portland y una pasta de hidróxido de calcio modificada en el cual se mide a) el incremento de porosidad, modificación de la estructura y dimensiones debido a la lixiviación del calcio. b) disminución de la resistencia a la compresión provocado por la existencia de una baja concentración de equilibrio de los productos de hidratación, asimismo se concluye la que la lixiviación de calcio de los materiales cementosos

es muy lenta pero puede suponer un riesgo a largo plazo además existe un equilibrio dinámico en el suministro y consumo de hidróxido de calcio en ácido clorhídrico, este equilibrio se lleva de adentro hacia afuera gradualmente de los materiales cementosos hidratados ya que contienen silicato de calcio hidratado (C-S-H) y aluminato de calcio hidratado (C-A-H) por otra parte la hidratación del clinker no hidratado en una solución de ácido clorhídrico puede mejorar la concentración del hidróxido de calcio en solución de poros que retrasa la descomposición, la variación del pH de la solución de ácido clorhídrico disminuyó con el tiempo, lo que indica la concentración de hidróxido de calcio en la solución de poros es menor que la concentración de equilibrio, lo que resulta en la descomposición de los productos de hidratación como C-S-H y C-A-H. La marcada disminución de la resistencia a la compresión observada

cuando la solución de los poros de los materiales cementosos hidratados es menor que la concentración de equilibrio de los productos hidratación.

iv) A partir de la investigación de Salim Barbhuiya et al. (2017) realizada en Universidad de Curtin: Departamento de Ingeniería Civil, Perth – Australia, investigación titulada “Behaviour of a sustainable Concrete in Acidic Environment” – “Comportamiento de un Concreto Sostenible en un entorno ácido”, el cual en resumen nos dice lo siguiente: la investigación tiene como objetivo principal es investigar comportamiento de concreto sostenible en un ambiente ácido del 3% de ácido sulfúrico y 1.5% de ácido nítrico en donde se evalúa los comportamientos de dos muestras los cuales son el concreto a base cemento portland y muestra en el cual se reemplaza una parte del cemento por una adición de cenizas (FA) y de cenizas ultra finas (UFFA), en los cuales se sometieron a diferentes ensayos como fuerza de compresión y pérdida de masa y análisis de la estructura, de los cuales se llegó a conclusión lo siguiente: En un ambiente de ácido sulfúrico, la pérdida de resistencia a la compresión fue mínima para una mezcla de concreto en el que el cemento se reemplazó con un 30% de cenizas volantes y un 10% de cenizas volantes ultrafinas. La pérdida de masa fue menos en esta mezcla en comparación con la mezcla sin cenizas volantes. Sin embargo, la pérdida de masa también fue

menor en las mezclas que contienen mayores cantidades de cenizas volantes. En un ambiente de ácido nítrico, mezclas de concreto que contienen un 20% de cenizas volantes y un 10% de cenizas volantes ultra finas y el 30% de cenizas volantes y el 10% de cenizas volantes ultrafinas tuvieron la mínima pérdida de resistencia a la compresión. Sin embargo, la pérdida de masa en la mezcla que contiene un 30% de cenizas volantes y un 10% de cenizas volantes ultrafinas fue menor que la mezcla que contiene un 20% de cenizas volantes y un 10% de cenizas volantes ultrafinas. La imagen SEM de una mezcla de concreto con 30% de cenizas volantes y 10% de cenizas volantes ultrafinas curadas en agua para 28 días mostraron una microestructura más densa caracterizada por menores cantidades de cristales de hidruro de calcio. La imagen SEM de una mezcla de concreto que contiene un 30% de cenizas volantes y un 10% de cenizas volantes ultrafinas expuestas a ácido sulfúrico durante 28 días mostró que la superficie es muy porosa. Una cantidad notable de C-S-H el gel parece haberse descompuesto en partículas más finas. Cuando la misma mezcla fue expuesta a ácido nítrico por un período de 28 días, la imagen SEM mostró que la superficie es muy porosa, con la subproductos de sal en la superficie causados por la reacción del ácido con el hidróxido de calcio.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Concreto

“La definición del concreto es un material tradicional en la construcción que tiene como característica la composición de cemento que es el material que une a los productos como el agregado fino y/o grueso, agua estandarizada y convenientemente algún aditivo que se requiera necesario del cual en forma endurecida obtiene grandes prestaciones en cuanto a la alta resistencia a los esfuerzos que se le aplique.

La característica principal del concreto es cuando se encuentra en su resistencia de diseño, ofrece al usuario una gran capacidad de resistencia a esfuerzos compresionales y por otra parte tiene como debilidad que este material no posee

gran cantidad de resistencia a los esfuerzos traccionales del cual su valor es aproximadamente la décima parte respecto a la resistencia a la compresión por lo cual esta debilidad se puede contrarrestar con la adición de aceros posicionados convenientemente del cual ofrece la unión mejores prestaciones para la construcción.

Según estudios realizados con concretos armados dieron como resultados que el uso de acero en el concreto da prestaciones excelentes en cualidades de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión, para lo cual es un material de construcción que es usado ampliamente debido a las grandes características físicas que este posee, la cual es variable de acuerdo a las necesidades del usuario al proyecto que requiera. Asimismo el concreto armado es el material en la actualidad con mayor oferta y disponibilidad en el mercado por el cual los precios son reducidos a comparación de otros materiales de construcción, por ende es el material de construcción más sostenible en cuanto a precio, uso y prestaciones en el sector de la construcción.” (Sánchez de Guzmán, 2001)

2.2.1.1. Componentes del Concreto

2.2.1.1.1. Cemento Portland

“Es un compuesto de materiales minerales como el calcio, silicio, aluminio y otros que forman un material sólido con grandes prestaciones en resistencia a la compresión.

El peso específico del cemento portland sin aditivos y de acuerdo a la normatividad es aproximadamente 3.12 gr/cm³ del cual si el cemento contiene mayor cantidad de adiciones el peso específico del cemento se reduce aun mas, asimismo se acota que el peso específico no es un indicador de que el cemento sea de mejor o menor calidad, solo se podría comentar que el uso de adiciones en el cemento portland dan al material características específicas que van de acuerdo a los materiales que fueron adheridos al Clinker.

Una de las características del cemento es el fraguado, que se produce en el proceso de endurecimiento del cemento, ya que inicialmente el cemento con el agua forman una masa plástica que con el tiempo esta mezcla pierde su elasticidad y sube la temperatura como también exuda humedad que es conocido como el inicio del fraguado el cual es un indicador de que el cemento se esta endureciendo y llega a alcanzar su máxima temperatura para después de poco tiempo esta mezcla se torne rigida y esta mayormente hidratada la cual se conoce como el fin del fraguado, y se caracteriza porque la mezcla o pasta de cemento ya esta dura y comienza a aumentar sus características mecánicas como la resistencia a la compresión, tracción y flexion. Los variables que influyen en el fraguado de la pasta de cemento es la composición del cemento, el módulo de fineza del cemento y la temperatura del entorno.” (Sanchez de Guzmán, 2001)

“Los tipos de cemento portland sin adiciones que considera la norma técnica peruana son:

- Tipo I: Para uso general que no requiere propiedades específicas de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.” (Norma técnica peruana 334.009, 2013)

2.2.1.1.2. Composición del Cemento Portland

La composición química del cemento portland son innumerables, pero existe una normativa que define porcentajes máximos y mínimos en los componentes para su fabricación los cuales se detallan a continuación:

Tabla 1: Tabla de componentes químicos del cemento portland

| Componente Químico | Compuesto | Procedencia usual | Porcentaje | Abreviatura | CEMENTO ANDINO TIPO I |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Oxido de calcio | CaO | Rocas calizas | 61% - 67% | C | 64.18 |
| Oxido de sílice | SiO ₂ | Areniscas | 20% - 27% | S | 21.86 |
| Oxido de aluminio | Al ₂ O ₃ | Arcillas | 4% - 7% | A | 4.81 |
| Oxido de fierro | Fe ₂ O ₃ | Arcillas, mineral de hierro, pirita | 2% - 4% | F | 3.23 |
| Óxido de azufre | SO ₃ | Minerales varios | 1% - 3% | | 2.41 |
| Oxido de magnesio | MgO | Minerales varios | 1% - 5% | | 0.96 |
| Oxido de potasio y sodio | K ₂ O-NaO | Minerales varios | 0.25%-1.5% | | 0.80 |

Fuente: Enrique Pasquel (1993)

“Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una formula química, sin embargo, existen cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento, que se indican a continuación.” (ABANTO, 1997, pág. 85)

Tabla 2: Compuesto químicos del cemento portland

| Compuesto | Fórmula Química | Abrev. v. | Función (%Composición Cemento Andino Tipo I) |
|---------------------|-----------------------|------------------|--|
| Silicato Tricálcico | 3CaO.SiO ₂ | C ₃ S | Constituye del 50% al 70% del Clinker, es el que produce una alta resistencia inicial del cemento. Su reacción con el agua desprende gran cantidad de calor (hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.(51.33%) |
| Silicato Di cálcico | 2CaO.SiO ₂ | C ₂ S | Constituye del 15% al 30% del Clinker, es el componente que otorga al cemento su resistencia a largo plazo, al ser lento su fraguado y muy lento su endurecimiento. Su calor de hidrataciones el más bajo de los cuatro. (23.95%) |

| | | | |
|------------------------------|---|-----------------------|--|
| Aluminato Tricálcico | $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ | C_3A | Constituye entre el 5% al 10% del Clinker, libera una gran cantidad de energía durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. El yeso que se agrega al cemento durante la molienda, se combina con esta compuesta para controlar el tiempo de fraguado. (7.28%) |
| Aluminoferrito tetracalcico | $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ | C_4AF | Interviene con el 5% al 15% del Clinker, tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación, pero su contribución a la resistencia es mínima. (9.82%) |
| Oxido de magnesio | MgO | | Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida. |
| Oxidos de potasio y sodio | $\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$ | Álcali s | Tiene importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos. |
| Oxidos de magnesio y titanio | $\text{Mn}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$ | | El primero no tiene significancia especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha determinado que si su contenido es mayor a 5% se obtienen disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos mayores a 5%, para contenidos menores no tiene trascendencia. |

Fuente: Abanto (1997) y Pasquel (1993)

“De los componentes mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores, pero no necesariamente los mas trascendentes, algunos de los componentes menores tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos.” (Pasquel,1993)

2.2.1.2. Propiedades del cemento

PROCESO DE HIDRATACION DE LA PASTA DE CEMENTO

“Es llamado al proceso de cambio de estado plástico hacia el endurecido la cual se produce por una cadena de reacciones químicas entre el cemento y el agua, reacciones que ocurren en el interior de la mezcla dando a estos nuevas propiedades químicas y mecánicas.

El tiempo que toma para la hidratación va de acuerdo al módulo de finura del cemento el cual se relacionan inversamente proporcional al tiempo, ya que mientras menor se la fineza las moléculas de agua ingresan mas rápidamente a la mezcla e hidrata el cemento aunque el proceso de hidrtacion de una pasta de cemento continua con el tiempo indefinidamente.

Por otra parte se pensaba en estudios anteriores que no era el agua el que unia a los componentes del cemento, se argumentaba que las partículas de hidratación se esparcían por todo el entorno en millones de subpartículas que al final no había no quedaba ninguna partícula inicial del cemento, el calor que se genera a conseduencia de la hidratación se genera desde el interior hacia el exterior.” (Pasquel, 1993)

“A continuación, se describe las etapas por las que se pasa en la hidratación del cemento del cual depende de la relación agua/cemento, tiempo y la temperatura:

a) Plastico: Es el inicio de las reacciones químicas del cual se unen las partículas de cemento con el agua del cual se conforma una pasta que es manejable, existe una relación indirecta entre la relación a/c con la concentración de cemento lo cual conlleva a que la la unión es mas fuerte entre los productos que fueron hidratados. En el proceso de reacción el aluminato tricalcico es el primero en iniciar y seguidamente el aluminoferrito tetracalcico del cual se caracteriza por su propagación de las partículas de cemento en millones de otras partículas, asimismo el yeso reacciona en la cadena de reacciones la cual le atribuye a la mezcla un incremento notable en la alcalinidad debido a que produce hidróxido de calcio.

b) Fraguado inicial: Es la etapa que da inicio a la cadena de reacciones químicas donde empieza el aumento de la resistencia, donde pierde su flexibilidad y el estado plástico, asimismo en esta etapa empieza a generar calor debido a la cadena de reacciones que se producen con los silicatos que en ese momento tienen un estado coloidal que empieza a solidificarse mientras los silicatos se hidratan, esta etapa tiene un periodo de 3 horas la cual facilita si hubiese el caso de volver a mezclar sin perder sus propiedades mecánicas de diseño.

c) Fraguado final: Es la etapa final en el fraguado que se caracteriza por la solidificación de las partículas hidratadas asimismo se obtiene la dimensión final del elemento constituido del cual solo sigue el proceso de endurecimiento y aumento de la resistencia.

d) Endurecimiento: Es el momento en el cual la pasta empieza a fraguar y es el momento en que la pasta empieza a obtener sus características mecánicas de compresión, tracción y flexión en esta etapa hay una constante hidratación de los silicatos de hierro y calcio que continúan hidratándose.” (Pasquel, 1993)

“En esta etapa final las características mecánicas son evidentes en la pasta de cemento asimismo se puede apreciar que la pasta tiene baja solubilidad con el agua debido a que las partículas cementosas ya poseen el ensamble definitivo.

Existen 2 diferentes tipos de fraguado que fueron resumidos anteriormente, los cuales se detalla a continuación la cual es el fraguado falso la cual tiene como característica el incremento espontáneo de la temperatura la cual provoca la cristalización en la mezcla y dentro de los primeros minutos empieza a endurecerse la cual se puede devolver su plasticidad mezclando firmemente la cual no perjudica en la resistencia de diseño de la mezcla, el segundo tipo de fraguado se produce debido a que no contiene la cantidad necesaria de yeso la cual da como consecuencia un endurecimiento instantáneo lo cual es llamado como fraguado violento del cual este caso es poco frecuente ya que las proporciones que manejan los fabricantes ya se encuentra automatizado.” (Pasquel, 1993)

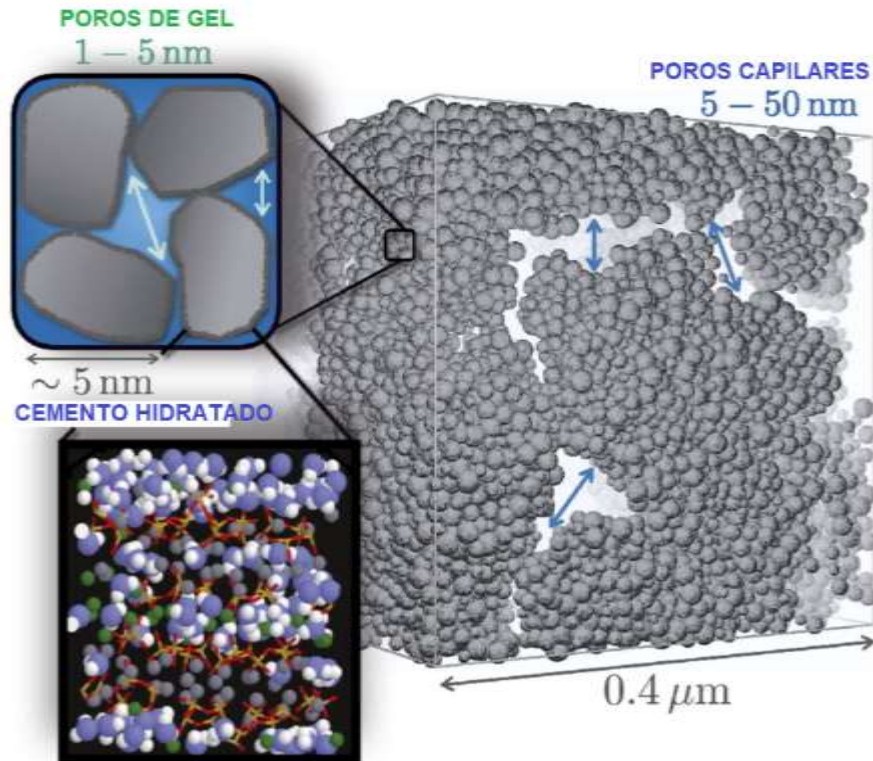
ESTRUCTURA DEL CEMENTO HIDRATADO

“La estructura que contiene el cemento hidratado ya se encuentra definido después del fraguado del cual solo el ensamble externo se encuentra hidratado sin contar con el interior que se encuentra poroso debido a que poco a poco el cemento se hidrata del cual aumenta constantemente su resistencia y impermeabilidad debido a que los cristales que se vienen hidratando ocupan esos espacios porosos.

Una hidratación ideal con la cantidad de agua suficiente que pueda hidratar cada partícula de cemento y produzca la reacción química es una descripción del curado ideal pero en el proceso de hidratación los cristales formados reducen el ingreso del agua necesaria para que se hidrate los espacios vacíos del cual tal problemática en la hidratación de todos los componentes cementosos viene a la necesidad de realizar un curado adicional con la finalidad de completar de hidratar las partículas de cemento que no fueron hidratadas.” (Pasquel, 1993)

“Asimismo se hace acotación de una información necesaria, se ha concluido en estudios previos que para la hidratación completa de una pasta de cemento la relación de agua entre cemento se debe encontrar en el parámetro de 0.35 a 0.40, del cual se deduce que a menores cantidades de relación a/c no se podrá realizar una hidratación completa, por otra parte se tiene que tener en cuenta que estos estudios fueron obtenidos en laboratorio lo cual va a depender directamente de la aproximación que se encuentre dichos materiales en una relación a/c similar ya que en campo es poco probable encontrar condiciones normales de mezclado, de humedad, temperatura y otros factores que cambiarían el nivel de hidratación de las partículas de cemento.” (Pasquel, 1993)

Figura 1: Esquema tradicional de la estructura del cemento hidratado



Fuente: Michael Boltrik et al (2009)

“Se puede apreciar en la figura un esquema tradicional de la estructura del cemento hidratado asimismo los espacios vacíos que se encuentran en distintos órdenes de acuerdo a sus dimensiones la cual se menciona a continuación:

- Poros capilares: Es el espacio que se encuentra entre los sólidos de compuestos ya conformados y que dan espacio para la reacción de los productos cementosos no hidratados, el espacio que ingresa es denominado agua capilar.
- Poros de gel: Es el espacio que existe entre las partículas hidratadas que no dejan espacio para el paso de más agua debido a que en el espacio se producen partículas coloidales llamados agua de gel.
- Gel de cemento: Es el espacio donde ocupa el agua de combinación, este agua que se ocupa no es evaporable debido a la reacción química.” (Pasquel, 1993)

2.2.1.2.1. Agua

Tenemos diferentes usos del agua para el concreto; así como agua de mezclado, agua de curado y los requisitos que debe cumplir el agua.

Agua de mezclado

“Es un agua que se caracteriza por ser limpia libre de compuestos orgánicos que se une con el cemento y el agregado fino y/o grueso, como consecuencia se obtiene una pasta hidratada que tenga una manejabilidad óptima y plasticidad lo cual beneficia para su fácil manejo y aplicación en los distintos tipos de moldes, a medida que el agua se aumenta en la mezcla, el agua libre tiende a aumentar y esto repercute en la mezcla dando paso a mayor cantidad de porosidad debido a que el agua de exceso se queda en la mezcla y con el paso del tiempo esta agua que ocupa se evapora dejando vacíos en la estructura del cemento hidratado.” (Pasquel Carbajal, 1993, p. 60).

Agua de curado

“Cuando el concreto ya fraguó la pasta de cemento necesita mayor hidratación debido a que la hidratación de todos los componentes cementosos no se han hidratado y por ende no han reaccionado, por lo cual es necesario agregar agua con el fin de mantener la estructura de cemento saturado de agua para que la hidratación sea mayor, por lo cual se recomienda sumergirlos en agua calcificada pero en casos de obra es imposible sumergir una estructura tan grande por lo cual se opta por remojar los elementos de concreto y mantener en el mayor tiempo posible húmedo.” (Pasquel, 1993)

“Se debe tratar en lo posible que el agua para curado no contenga impurezas o de algunas sustancias que perjudiquen el concreto, del cual se debe tener en cuenta que el agua sea alcalina o neutra, asimismo no existe disponibilidad de usar un agua con las características que se requiere ya que existen zonas con escasa o nula

disponibilidad de agua, para lo cual se debe tener especial cuidado en utilizar aguas turbias, o con impurezas como productos orgánicos, aguas saladas, sulfatadas o carbonatadas, asimismo tener especial cuidado con las aguas que contengan arcillas ya que es un producto inestable y perjudicaría al concreto. La normatividad vigente tomo precaución de estos casos por lo cual para hacer un proyecto se debe contener con un estudio previo del agua disponible en el medio para la ejecución del proyecto, tales requerimientos de las características del agua se mencionan a continuación.” (Pasquel, 1993, Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú, p. 61).

Tabla 3: Componentes del agua y sus efectos

| Componentes del agua de mezcla | Efectos |
|--|--|
| Impurezas sólidas (arcillas o partículas finas de otros minerales) en concentraciones mayores 2000 ppm | Pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia |
| Impurezas orgánicas (aguas negras, verde, café) | Pueden afectar considerablemente el tiempo de fraguado y la resistencia |
| Agua de mar Aguas cloruradas | Corrosión del acero de refuerzo. Eflorescencias y humedad en superficies expuestas al aire y al agua |
| Carbonato de sodio | Fraguados muy rápidos puede reducir la resistencia |
| Bicarbonatos | Pueden acelerar o retardar el fraguado, pueden reducir la resistencia |
| Sulfatos | Posibles reacciones expansivas y deterioros por reacción |
| Sales de estaño, zinc, cobre, plomo y Magnesio | Pueden provocar reducción considerable de resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado |
| Yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio | Sales especialmente retardantes |
| Aguas ácidas de minas (ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros en concentraciones mayores a 10000 ppm) | Pueden ocasionar problemas de manejo |
| Aguas alcalinas Hidróxido de sodio o de Potasio | Puede reducir la resistencia |

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Pasquel Carbajal, Enrique.

Límites permisibles de impurezas en el agua:

Según la norma técnica NTP 339.088 “el agua que se usara para la elaboración del concreto, debe ser incolora, inodora, no debe contener cantidades de aceites, ácidos, sales o materiales orgánicos y arcillas ya que estos componentes podrían perjudicar al concreto o a la armadura de acero.

Si en la zona se ubica se puede observar a simple vista si es libre de impureza asimismo si es incolora o inodora, pero poder tener conocimiento de que al agua disponibles es apto para su uso se recomienda hacer un ensayo de análisis químico, de los cuales se arrojaran resultados si este encuentra dentro de los límites permisibles para uso en la construcción, del cual se detalla a continuación:”

Tabla 4: Requisitos que debe cumplir el agua

| Descripción | Limite permisible |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Limite en suspensión | 5000 ppm max |
| Materia orgánica | 3 ppm max |
| Alcalinidad (NaHCO ₃) | 1000 ppm max |
| Suelo (ion SO ₄) | 600 ppm max |
| Cloruros (ion CL) | 1000 ppm max |
| PH | 5 a 8 ppm max |

Fuente: Norma NTP 339.088 (Agua) norma técnica peruana

Fuente

2.2.1.2.2. Agregados

“Son componentes geológicos que pueden encontrarse en estado natural o triturarse para uso, que tiene una grado medio o alto de resistencia las cuales se añaden en la pasta de cemento con con el fin de que ocupen un espacio con el objetivo de que haya mayor volumen y sea mas económico, tal combinación deberá dar las prestaciones de resistencia mecánica, la cual favorece a reducir los costos en la pasta de cemento.” (Quiroz y Salamanca, 2006, p.28).

A continuación, tenemos la clasificación de los agregados:

- **Clasificación según su procedencia**

“Los agregados se pueden encontrar en estado natural o por otra parte artificial, estos componentes geológicos naturales se pueden adquirir en depósitos de arrastre fluviales, en canteras que se encuentran en diferentes estratos para poder ser extraídos y glaciares; los agregados artificiales se obtienen en el proceso de trituración de rocas con mayores dimensiones, materia no utilizable en las minas o procesos industriales entre otros.” (Pasquel, 1993, p. 29)

- **Clasificación por su tamaño**

“La clasificación por su tamaño del agregado sirve para ordenar los agregados que se encuentran sus dimensiones, dicha clasificación tiene un intervalo desde partículas de milímetros hasta varios centímetros en sus dimensiones como sección transversal, la clasificación de los agregados es más conocida como granulometría, del cual se muestra a continuación en la tabla N°5 donde se menciona el intervalo que se encuentra cada clasificación del agregado de acuerdo a su medida, asimismo se debe tener especial cuidado con la arcilla y el limo en el diseño de mezcla debido a que estos materiales son altamente plastificantes la cual puede ocasionar una mala adherencia entre los agregados grueso y fino con la pasta de cemento.” (Pasquel, 1993, p.29).

Tabla 5: Clasificación según el tamaño del agregado

| Tamaño de las partículas en mm (tamiz) | Denominación común | Clasificación como agregado para concreto |
|---|---------------------------|--|
| <0.002 | Arcilla | Fracción muy fina |
| 0.002 – 0.074 (Nº 200) | Limo | |
| 0.075 – 4.76 (Nº 200 - Nº 4) | Arena | Agregado Fino |
| 4.76 – 19.1 (Nº 4 – 3/4") | Gravilla | Agregado Grueso |
| 19.1 – 50.8 (3/4" – 2") | Grava | |
| 50.8 – 152.4 (2" – 6") | Piedra | |
| >152.4 (6") | Bolón | |

Fuente: Norma técnica Peruana NTP 400.012

- **Clasificación según su forma y textura superficial**

“Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares”. (Comisión de Reglamentos técnicos comerciales INDECOPI. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. P.4)

En términos descriptivos las formas de los agregados pueden ser:

Tabla 6: Clasificación según su forma y textura superficial

| Clasificación del agregado | Descripción |
|-----------------------------------|--|
| Angular | Poca evidencia de desgaste en caras y bordes. |
| Sub angular | Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes. |
| Sub redondeada | Considerable desgaste en caras y bordes. |
| Redondeada | Bordes casi eliminados. |
| Muy redondeada | Sin caras ni bordes |

Fuente: Norma técnica Peruan 400.012

Propiedades Mecánicas del Agregado

Expresión de la granulometría

La granulometría se define en función de los conceptos: Tamaño máximo de la agregado y tamaño máximo nominal

a. Tamaño máximo

La Norma técnica peruana 400.037 menciona lo siguiente:

La definición del tamaño máximo del agregado se atribuye a la muestra del agregado grueso por el cual la totalidad del material pasa por el tamiz de menor abertura posee.

Este dato nos indica el tamaño de la partícula más grande que hay en el agregado grueso y se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría del encofrado y el refuerzo de acero.

Según el RNE indica que el tamaño máximo debe cumplir con los siguientes requisitos máximos mencionados a continuación:

- El agregado debe medir la quinta parte de la separación que existe entre la separación del encofrado.
- El agregado debe medir la tercera parte del peralte de la losa.

- El agregado debe contar las $\frac{3}{4}$ partes del espaciamiento mínimo libre entre las varillas u otros componentes que incluyan en la construcción.

b. Tamaño máximo nominal

“La definición para tamaño máximo nominal se le atribuye al agregado que es tamizado en donde la muestra queda retenida por el menor tamiz.

La mayor utilidad de este factor define mejor el tamaño de las partículas más grandes de la masa de agregados en su fracción gruesa.” (NTP 400.037,2002)

“El tamiz de tamaño máximo nominal que salio como resultado será empleado para la elaboración del concreto debido a que existe una relación con la factibilidad de poder maniobrar la pasta de concreto en los moldes o encofrados, asimismo este se encuentra vinculado directamente con la resistencia del concreto, por tal motivo se menciona lo opuesto, cuando se hable de tamaño máximo en las especificaciones granulométricas, se debe trabajar con el tamaño máximo nominal.” (Sánchez de Guzmán, 1997, p. 75 y 76).

Los resultados de un análisis granulométrico se pueden representar en forma gráfica y se denominan curvas granulométricas

Para determinar las curvas granulométricas es necesario calcular el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y porcentaje acumulado que pasa.

$$\% \text{ Rete.} = \left(\frac{\text{Peso}_x}{\text{Peso}_{\text{total}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Rete. Acum.} = \sum_1^x \left(\frac{\text{Peso}_x}{\text{Peso}_{\text{total}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Acum. Pasa} = 1 - \% \text{ Rete. Acum.}$$

Porosidad y Absorción

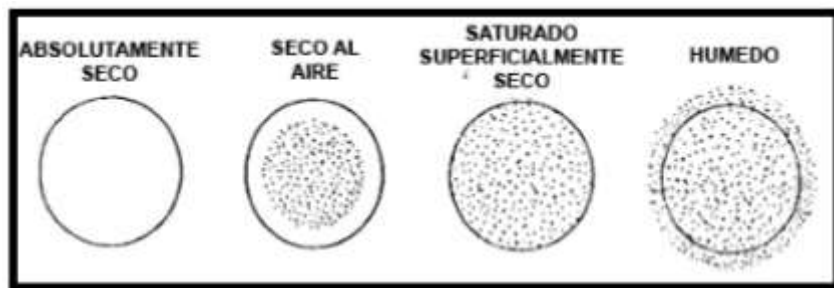
La porosidad es el espacio no ocupado por una materia sólida. Kosmatka, S. y otros (2004) afirma:

“De las varias porosidades que se reconocen en un agregado, se suele medir la porosidad superficial o saturable. Cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. Pero el dato resulta de extraordinaria importancia en la etapa de ajustes de las condiciones reales de los materiales, ya que por su valor es posible hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar.

Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua:

- Absolutamente seco: con todos los poros vacíos, internos y superficiales.
- Seco al aire o exteriormente: con parte de la masa y de los poros internos llenos.
- Saturado y superficialmente seco: con toda la masa y los poros internos y de superficie llenos, pero con la superficie seca.
- Húmedo: cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales, y de saturada toda su masa, se acumula humedad en la superficie”.

Figura 2: Condiciones de humedad de agregado



Fuente: Kosmatka S. et al (2004), Diseño y Control de Mezclas de Concreto.

En el diseño de mezcla se debe tomar en consideración que las rocas ideales como agregado grueso para la construcción tiene una absorción menor al 3% y para agregado fino inferior a 5%.

Peso unitario del agregado

“El peso unitario se determina con la división entre la masa de la muestra y el volumen que ocupa en un cilindro que ya se encuentra especificado y medido el volumen. Del resultado de la división se interpreta que si el peso es menor se debe interpretar que el agregado contiene mayor cantidad de vacíos entre partículas, las cuales deberían ser llenados por la pasta de cemento, asimismo se indica que la masa varía de acuerdo a la granulometría que contiene el agregado, también por la forma, y adherencia entre partículas, de lo cual se puede obtener dos valores distintos en el peso unitario, uno es el peso unitario simple que comprende de colocar el agregado sin ninguna presión a comparación del peso unitario compactado del cual al agregado se le compacta con una varilla con la finalidad de eliminar los vacíos que pudieran contener en el agregado.” (Giraldo, 2003, p. 38)

Contenido de humedad del agregado

“Cuando los agregados están expuestos directamente a la acción climática de lluvia y secado continuo llegan a almacenar grandes volúmenes de agua en su interior, principalmente en el caso de las arenas. Esta cantidad de agua almacenada puede llegar a valores hasta de un 30% de la masa seca del material. Considerando que la cantidad de agua de saturación de un agregado por lo general no supera un 3% de su masa seca se concluye que el agua superficial o libre adquiere valores significativos que se deben determinar para hacer los ajustes cuando se está fabricando el Concreto en obra o en planta.

En el diseño de una mezcla de Concreto una de las hipótesis básicas es considerar que las propiedades mecánicas del material, así como su durabilidad son función de la relación entre el contenido de agua que requiere la mezcla (para dar trabajabilidad) de la mezcla y el contenido de cementante (a/c). Esta relación experimental está soportada por gran cantidad de ensayos de laboratorio que permiten predecir, con aceptable aproximación, la resistencia que adquiere un Concreto con una determinada (a/c).” (Giraldo, 2003, p. 41)

$$w = 100 \times \frac{(mh - ms)}{(ms - mr)}$$

donde:

- w : Humedad (%)
- mh : Masa del recipiente más la muestra húmeda (g)
- ms : Masa del recipiente más la muestra seca (g)
- mr : Masa del recipiente (g)

2.2.1.3. Granulometría del agregado fino

El agregado fino es aquel agregado que se obtiene de procesos naturales como artificiales, o una combinación de ambas que pasa el tamiz 9.5 mm asimismo esta clasificación se encuentra indicado en la NTP 400.037(2002), norma que menciona lo siguiente:

“Las características del agregado fino son las siguientes: no debe contener impurezas en su superficie, la forma del agregado se recomienda angular, debe ser compacto, deben estar limpias, en su composición no debe contener partículas orgánicas, carbonatadas, arcilla o sales, el agregado debería de ser graduado como indica la norma.” (NTP 400.037, 2002)

Se recomienda considerar en la granulometría:

- El agregado fino de la granulometría se define como la distribución del tamaño de sus partículas
- Los tamices que se utilizaran para la granulometría en agregados finos debería la siguiente: #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200.
- En la clasificación de los agregados finos se debe tener como muestra representativa de acuerdo a lo estipulado en la toma de muestra que depende de la muestra que retiene por primera vez.
- Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino

| Tamiz | Porcentaje que pasa |
|--------------|----------------------------|
| 3/8" | 100 |
| Nº 4 | 95-100 |
| Nº 8 | 80-100 |
| Nº 16 | 50-85 |
| Nº 30 | 25-60 |
| Nº 50 | 05-30 |
| Nº 100 | 0-10 |

Fuente: Norma técnica Peruana 400.037

2.2.1.3.1. Módulo de fineza

El módulo de fineza se obtiene de la suma de todos los porcentajes que fueron retenidos en el acumulado para después dividirlos entre 100 de acuerdo a los tamices que se mencionan en la norma.

Este dato es importante para la elaboración del diseño de mezcla para concretos.

$$MF = \sum \% \text{ Retenido Acumulado } / 100$$

Porcentaje Retenido:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de Material Retenido en Tamiz}}{\text{Peso de la Muestra}} * 100$$

Porcentaje que Pasa:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

2.2.2. Arena Graduada (Arena Ottawa):

La obtención de arenas de cuarzo clasificadas se realiza según tamices de la norma (ASTM-E11), para obtener arenas para ensayos de laboratorio. Esta se realiza con tamices según los tamaños objetivo. La Fotomicrografía muestra los granos de cuarzo, Tamizados y lavados con las superficies de los granos libres de arcilla.

Características:

Arena de sílice, compuesta casi en su totalidad de forma natural redondeado, granos de cuarzo casi puro, que se utilizan para la preparación de morteros en el ensayo de cementos hidráulicos.

Tabla 8: Clasificación granulométrica para arena graduada.

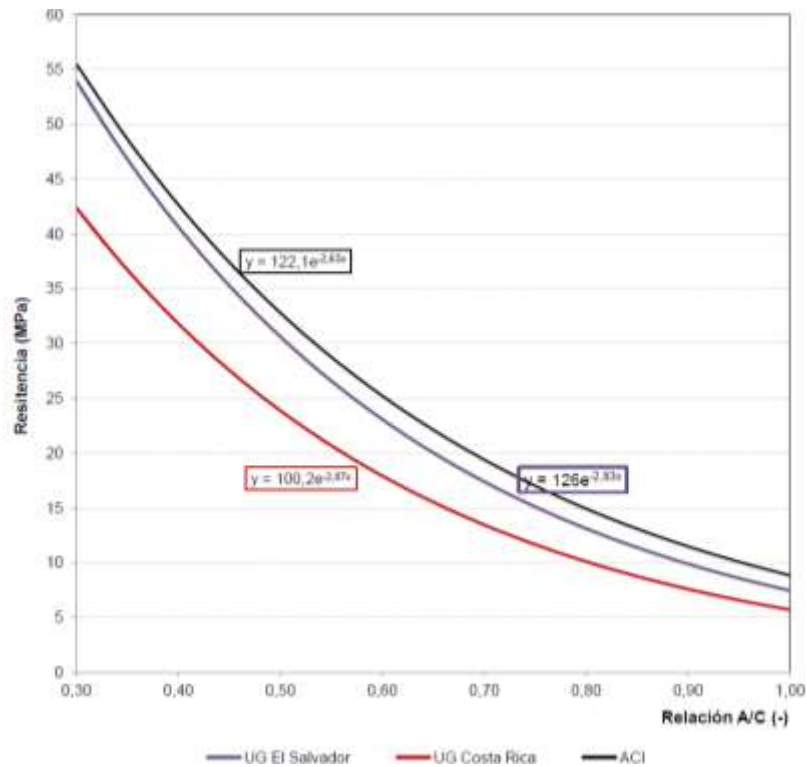
| Características | Arena graduada |
|------------------------|----------------------------------|
| Clasificación | Porcentaje que pasa por el tamiz |
| 1.18-mm (No. 16) | 100 |
| 850- μ m (No. 20) | 100 |
| 600- μ m (No. 30) | 96 a 100 |
| 425- μ m (No. 40) | 65 a 75 |
| 300- μ m (No. 50) | 20 a 30 |
| 150- μ m (No. 100) | 0 a 4 |

Fuente: ASTM C778 (2002) Especificación estándar para arena graduada

2.2.3. Mortero

“El mortero es una pasta que se encuentra compuesto por una proporción de cemento u otros materiales cementosos, agregado fino y agua la cual tiene como característica su uso en albañilería, tabiquería, acabados entre otros, del cual es poco utilizado debido a que tiene un elevado costo ya que no contiene agregado grueso y por ende tiene menor volumen pero a comparación del concreto este mortero de cemento tiene propiedades mecánicas similares a la pasta endurecida debido a que contiene en su mayor parte de cemento.” (Diego Sánchez de Guzmán, 2001).

Figura 3: Comportamiento de 3 morteros en Resistencia vs relación A/C, usando los cementos tipo UG, MP-AR y según ACI, a la edad de los 28 días.



Fuente: ACI 211-91

2.2.4. Adhesivo

“El adhesivo se define como una sustancia que permite unir dos materiales o más del cual tiene como característica principal la resistencia por adherencia una vez unida, de donde los materiales que se unen son llamados como sustratos y adhesivo la unión que resiste a la separación, dicho fenómeno puede ser de tipo físico como químico en la adherencia.” (Madrid, 1980)

2.2.4.1. Puente de adherencia

“El puente de adherencia se define como la unión entre dos componentes con un adhesivo epóxico, del cual tiene como objetivo en continuar con el trabajo o en obras civiles continuar con el proyecto, ya que este producto tiene como finalidad primordial darle monolitismo al material unido.” (Madrid, 1980)

2.2.4.1.1. Usos del adhesivo epóxico

- Anclajes y reparaciones

“Los adhesivos epóxicos son comúnmente utilizados en anclajes de materiales como también en la reparación de elementos que necesiten poseer monolitismo como por ejemplo los elementos estructurales que fueron dañados por sismos requieren de reparaciones los cuales el adhesivo epóxico es frecuentemente utilizado para recuperar sus propiedades mecánicas.” (Sanz, R., 2010, Uniones soldadas y adhesivas).

Figura 4: Esquema de una unión adhesiva



Fuente: Elaboración propia

“En el momento de diseñar una unión adhesiva se busca que la rotura no sea por ningún motivo de tipo adhesivo, lo que se pretende que la falla no se encuentre entre el adhesivo y uno de los sustratos, estos tipos de fallas en adhesivos son difíciles de conocer y también no son predecibles debido a que no se conoce completamente la unión de adherencia entre el sustrato y el adhesivo, por el motivo de que hay una gran cantidad de variables que no se pueden controlar en su totalidad. Por otro lado es posible conocer las características mecánicas de los adhesivos la cual se puede deducir la capacidad de resistencia, las aplicaciones más empleadas se encuentran divididas de acuerdo al modo de formación de la junta adhesiva.” (Sanz, R. 2010, Uniones soldadas y adhesivas).

Tipos de adhesivo

A. Látex

Los adhesivos de composición látex que son utilizados en compuestos de concreto son especificados bajo la norma ASTM C-881-90 norma que indica los sistemas de adherencia que fueron fabricadas con resinas epóxicas.

Estos se dividen en:

- Estructurales

“Los adhesivos epóxicos son materiales que están compuestos de dos componentes del cual producen una reacción química con el activador, en el momento de que son mezclados se produce la polimerización se inicia lentamente de lo cual se debe tener especial cuidado en unir los sustratos del modo que desea el usuario.

Las resinas epóxicas vienen en presentación de dos elementos o mas, del cual una es la resina y el otro es el activador del cual inicia la cadena de reacciones que otorga el endurecimiento del producto como también la unión entre los sustratos. Los modos de uso de las resinas epóxicas es para la unión de cimiento, instalación de anclajes, conexión de fundiciones y también elementos de construcción de puentes, la característica principal de este tipo de productos es la gran capacidad que tiene de adherirse con los materiales del sector de la construcción y afines, por tal motivo es utilizado frecuentemente en reforzamientos estructural, los epóxicos fueron conocidos hace 50 años desde ese punto la tecnología en cuanto a los epóxicos evoluciona constantemente, aumentando la cantidad de usos como aplicación en materiales sumergidos , uso del epóxico en altas temperaturas, uso instantáneo entre otros usos que facilitan la unión de dos componentes.

La especificación técnica de las resinas epóxicas cumplen con la norma ASTM C881-90 en donde norma los sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas, asimismo estos materiales epóxicos son capaces de unir

materiales como metales, concretos, maderas, vidrios entre otros materiales con cierta capacidad de adherencia.” (García, 1980).

- No estructurales

“Los adhesivos epóxicos son utilizado mayormente para hacer refacciones y reparaciones asimismo su uso es amplio y no necesariamente en aplicaciones estructurales, también pueden ser usados de acuerdo a las necesidades que requiera el usuario, son principalmente utilizados siempre y cuando no perjudique la estructura de la misma, las especificaciones para este tipo de uso de adhesivo epóxico se encuentra normalizado de acuerdo a la norma ASTM C1059 donde indica la los estándares para agentes de latex para unir concreto viejo con uno nuevo.” (ASTM C1059, 2001)

B. Epóxico

“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 a la manipulación.

En el pasado la mayoría de los epoxis se formulaban como bicomponentes que debían ser mezclados inmediatamente antes de ser empleados y tenían una vida de mezcla limitada. Sin embargo, en la actualidad existen adhesivos epoxi mono componentes con un agente endurecedor latente que se libera únicamente por reacción a alta temperatura. Estos adhesivos fueron comercializados en 1975. Por debajo de la temperatura de la mezcla (por debajo de 0°C) no se produce reacción alguna. Al elevarse la temperatura comienza la poli condensación de la resina.

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 algo de calor, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.” (García, 1980).

“ Los usos de los adhesivos epóxicos son variadas y pueden ser utilizadas en todos los sectores como en la construcción, los adhesivos epóxicos tuvieron como fin primordial la reparación de elementos estructurales, el reforzamiento de estructuras, reparación de grietas en pavimentos, entre otros proyectos que día a día se van ampliando debido a la gran cantidad de prestaciones de la adhesivo epóxico, los mencionados sistemas epóxicos con actualmente usados con mayor frecuencia debido a que tienen una alta durabilidad, es de fácil aplicación, tiene un corto periodo de curado y mayormente porque se adhiere prácticamente a cualquier material de construcción, los adhesivos epóxicos no son de bajo costo pero sus excelentes propiedades han posicionado al producto como una alternativa de solución a distintos tipos de problemas estructurales, por otro lado se hace mención que la unión de los dos componenetes como la resina y el activador no tienen vuelta atrás debido a que no existe solvente para separar los estratos.

El epóxico se cura en el menor tiempo posible del cual desarrolla la resistencia a las pocas horas de activado, las propiedades mecanicas varian con una gran significancia, debido a que la composición de resina es resquebradizo, pero por otra parte puede ser conveniente ya que puede dar prestaciones de flexibilidad a las resinas en otras aplicaciones de la industria que sean necesarias, se utilizaron las poli amidas y compuesto de carbono que han dado flexibilidad a las resinas epóxicas.

Por otro lado las resinas epóxicas tienen un inconveniente en la aplicación ya que al ser bicomponentes en el momento de la activación se produce una cadena de reacciones químicas que producen un calor extremo que podría lo podría representar un peligro en las instalaciones como también un peligro personal, para lo cual se recomienda que para la unión de resinas bicomponentes se debería

dosificar las cantidades con el fin de que no se produzca el calentamiento excesivo en la activación, y poder darle trabajabilidad a la resina en pequeñas dosificaciones continuas que presenta una disminución del trabajo.” (García, 1980).

“El uso de la resina epóxica son utilizados mayormente como adhesivo en los sustratos o materiales que se mencionan a continuación:

- Concreto endurecido o curado a concreto endurecido o curado
- Concreto endurecido a otros materiales
- Concreto fresco a concreto curado
- Concreto nuevo a otros materiales.” (RB Conspro: Productos químicos para la construcción, 2019, <http://www.rbconspro.com>)

Figura 5: Procedimiento para el uso de Adhesivo Epóxico para unir concreto



Fuente: (RB Conspro Productos químicos para la construcción, 2019, Panamá, <http://www.rbconspro.com>)

“En el mercado existen adhesivos epóxicos que son utilizados para inyección de epóxico en las grietas tales como se muestra en la figura 6, que se aplica la resina epóxica en pequeñas cantidades como fue recomendado en la normatividad, la cual la situación de la superficie era crítica por lo cual se optó por la instalación de anclajes y posteriormente la resina epóxica, de los cuales se recomienda que para la aplicación de la resina se debe tener especial cuidado en la limpieza de las superficies de unión y recomendable estructuralmente apto, las superficies de

contacto no debe tener impurezas para que los epóxicos adhieran correctamente los sustratos evitando que haya contacto con impurezas, aceite, salitre y otros factores que perjudicarían en la adherencia y perdería sus prestaciones de diseño la mencionada unión si el caso fuese lo contrario, para la aplicación de epóxicos se debe seguir de acuerdo a las indicaciones del fabricante cumpliendo con las proporciones, tiempo de mezclado, tiempo de fraguado y secado del adhesivo, si no se cumple con la relaciones que indica el fabricante las prestaciones del epóxico podrían reducir o fallar en la adherencia de los sustratos..” (RB Conspro: Productos químicos para la construcción,2019, <http://www.rbconspro.com>).

Figura 6: Aplicación de resina epóxica por el método de inyeccion



Fuente: (RB Conspro Productos químicos para la construcción, 2019, Panamá, <http://www.rbconspro.com>)

“Para la mezcla entre dos componentes de resina epóxica se recomienda homogeneizar por separado, para después con mezclar los componentes con un taladro de velocidad media a baja por el tiempo de 3 minutos con el fin de obtener una pasta homogénea, asimismo se debe tener especial cuidado en la temperatura ambiente ya que si la temperatura es calida el tiempo de fraguado se acelerara y por ende la temperatura de la reacción se elevara drásticamente que podría ocasionar daños colaterales y por otra parte a menor temperatura ambien se produce un fraguado lento e incluso puede retrasar el tiempo de fraguado que especifica el fabricante.

La norma internacional ASTM C881 dictamina la clasificación de los sistemas epóxicos que son utilizados en la construcción del cual se tiene en cuenta el uso, la viscosidad y el medio de uso.” (RB Conspro: Productos químicos para la construcción,2019, <http://www.rbconspro.com>).

Clasificación de los sistemas epóxicos utilizados en la construcción según (ASTM C881,2002) indica:

“Según al tipo de exposición:

Tipo I – Sin carga, uniendo concreto endurecido con concreto endurecido.

Tipo II – Sin carga, uniendo concreto fresco con concreto endurecido.

Tipo III – Unión de materiales antideslizantes a superficies de apoyo de tráfico.

Tipo IV–Soporte de carga, unión de concreto endurecido con concreto endurecido.

Tipo V – Soporte de carga, unión de concreto fresco a concreto endurecido.

Grado se refiere a la viscosidad del epóxico mezclado:

Grado 1 – Baja viscosidad (agua – aceite de motor)

Grado 2 – Media viscosidad (sirope – miel)

Grado 3 – Gel (mantequilla de maní)”

Adherencia

“Se define como adherencia a la capacidad de resistencia opuesta que procede del adherente por medio de la unión adhesiva, del cual se toma en consideración que el sistema se encuentra integrado por dos materiales que serán llamados adherentes y el material de adhesión es denominado unión adhesiva, para ensayar la resistencia por adherencia se procede a la aplicación de una fuerza mecánica hasta que haya desplazamiento entre los adherentes, lo cual dara como resultado un valor de energía que absorbe la mencionada unión adhesiva.” (Sanz, R., 2010)

Existen 2 metodos que están normados para hallar la siguiente información:

Tipos de adhesivo por su composición

“Los adhesivos que contienen un polímero que ya contenía en su interior antes de ser usado sobre la unión adhesiva y adhesivos reactivos, estos tipos de adhesivos se caracterizan por ser materiales en estado líquido, acuoso o gel, del cual contiene en su composición monómeros o cadenas oligomeras que le facilitan los procesos de polimerización como también se cruzan sus cadenas oligomeras en el momento en que se van a unir, en estos grupos que son amplios existen dos sub clases las cuales son los adhesivos reactivos y lo adhesivos pre polimerizados.

Las leyes de adhesión son las mismas en todos los componentes de adhesivos, pero se puede decir que los adhesivos reactivos son los únicos en poder ofrecer soluciones confiables a los proyectos de ingeniería.” (Sanz, R., 2010)

Comportamiento de los adhesivos antes del curado

Para poder comprender el comportamiento de los adhesivos reactivos antes del curado se debe conocer la composición de estos adhesivos de los cuales se detallan a continuación:

1. Producto de resina
2. Aditivos: Existen variedades de acuerdo al modo de uso del adhesivo
 - a) Colorantes
 - b) Antioxidantes
 - c) Iniciadores
 - d) Plastificadores
 - f) Sustancias fluorescentes
 - g) Agentes de unión o iniciadores adherentes
 - h) Estabilizadores
3. Cargas/espesantes

“Es de vital importancia saber los pormenores del proceso de fabricación de la unión que servirá como adherente, los adhesivos y selladores químicos son sustancias con características específicas al momento de su aplicación como después, la ventaja de los adhesivos y selladores es que tiene la facilidad de asimilarse a la superficie de cualquier material que se desea unir por lo cual entra en todas cavidades encontrándose con estrecha adhesión en los materiales adheridos, asimismo después de la adhesión que hubo entre el adhesivo y/o el sellador estos materiales unidos deben trabajar como un muro para evitar el ingreso de líquidos, gases u otros contaminantes, los fenómenos que ocurren que dan lugar a que el adhesivo cure, quiere mencionar que antes de la adhesión de los materiales existe una relación directa sobre las interfaces adheridas a la unión, la unión entre dos materiales es un fenómeno que ocurre en la superficie de los cuales el adherente se encuentra en contacto directo con las fases las cuales se detallan a continuación:” (Sanz, R., 2010)

- Existe una relación entre la energía superficial y la tensión superficial del adhesivo.
- Los adhesivos cuentan con propiedades reológicas momentos antes del curado

“En el momento de curar el adhesivo este afecta principalmente a sus propiedades cohesivas del material adhesivo, pero no afecta a los adhesivos que son piezo sensibles como por ejemplo a las cintas adhesivas, ya que el material no cumple similares funciones a menos de que se produzca un cambio físico o químico lo cual es llamado comúnmente como curado, este fenómeno ha sido estudiado por muchos años pero hasta el momento no se cuenta con una teoría unificada que pueda deducir el fenómeno en su totalidad, solo existen teorías particulares por cada caso que tratan de dar explicación a los fenómenos que se suscitan, de las cuales ninguna de ellas puede explicar la mayoría de los casos encontrados.” (Sanz, R., 2010)

COMPORTAMIENTO DE LOS ADHESIVOS

Los adhesivos se comportan de de dos maneras distintas que van de acuerdo a la interfase sustrato con adhesivo que son de tipo químico y de tipo físico. Las bases teóricas diferentes se pueden acoplar al primer tipo:

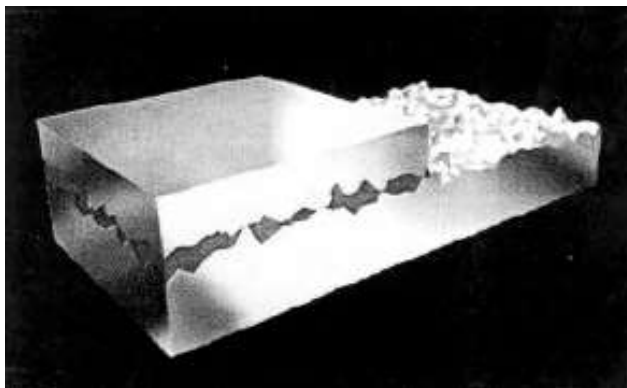
COMPORTAMIENTO FÍSICO

En la actualidad hay una gran cantidad de teorías que tratan de explicar las propiedades cohesivas del adhesivo del cual se menciona la más reconocida hasta el momento.

I. Modelo de adhesión mecánica

“Es la teoría más aceptada por la comunidad científica no solo por ser el más antiguo sino que debido a este modelo la adhesión se representa como un tipo de anclaje del polímero en las rugosidades y poros de la superficie que entran en contacto con la adherencia, el adhesivo tiene una penetración en todas las comisuras de la superficie del sustrato del cual da como consecuencia que haya una mayor superficie de contacto entre las zonas que se encuentran unidas, asimismo se mencionar que para mejorar una mejor adherencia entre sustratos se debe garantizar una buena humedad en las superficies de contacto.” (Sanz, R., 2010)

Figura 7: Modelo de la teoría de la adherencia mecánica

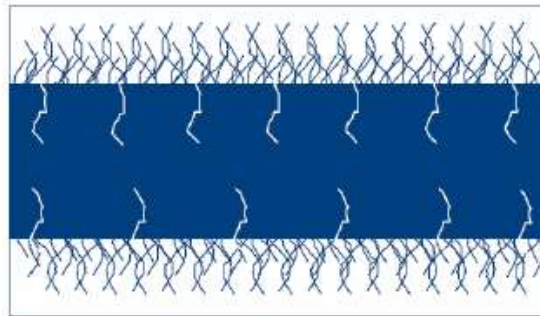


Fuente: Sanz, R. (2010) Uniones soldadas y adhesivas

II. Teoría de la difusión

“Esta teoría tiene como fundamento dar explicación a la unión de polímeros entre si, la teoría se plantea como la interdifusión de las moléculas en los otros planos de contacto, de lo cual se considera que existe una zona de transición entre el adhesivo y el adherente, la cual da lugar a una nueva teoría de interfase pura sin espesor de algún material aglutinante, dicha teoría se basa en la migración de las cadenas poliméricas que se alargan hacia otro plano de contacto del cual este fenómeno se encuentran formando cadenas del cual es soluble la adherencia, este tipo de fenómeno tiene como debilidad la autoadhesión y también soldadura termoplástica o con algún tipo de disolvente.” (Sanz, R. ,2010).

Figura 8: Esquema de la teoría de la difusión



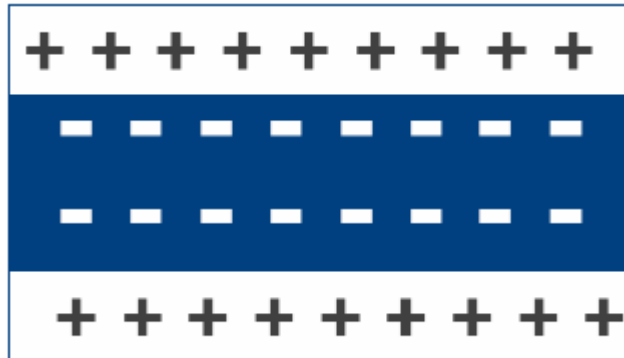
Fuente: Sanz, R. (2010) Uniones soldadas y adhesivas

III. Teoría eléctrica

“Esta teoría se basa en la comparación de un sistema entre el adhesivo y el sustrato hacia un condensador que es plano del cual tales placas se encuentran formadas por planos que se encuentran en contacto, un ejemplo de este tipo de unión es el vidrio con un polímero, en donde hay una doble formación eléctrica que provoca una adhesión eléctrica, pero que solo puede considerarse en ocasiones especiales y solo a determinados tipos de materiales con características particulares.

Asimismo la contribución que produce la mencionada adhesión son producidas por las fuerzas eléctricas de van der Waals del cual en casos circunstancialeses mayor a las interacciones electrostáticas.” (Sanz, R. ,2010).

Figura 9: Esquema de la teoría eléctrica



Fuente: Sanz, R. (2010) Uniones soldadas y adhesivas

COMPORTAMIENTO QUÍMICO

I. Teoría de la absorción termodinámica o mojado superficial

“La teoría de absorción termodinámica es una de las mas conocidas ampliamente ya que el modelo de la teoría indica que al unir dos solidos sin tomar en cuenta de que haya difusión o no, existen fuerzas inter moleculares que se desarrollan en el interior de los elementos los cuales son suficientes para poder indicar que existe una adhesión, donde se puede distinguir de manera exacta si hubo una absorción termodinámica o difusión, por lo cual son denominados fuerzas de humectación es llamado de esta manera porque en el momento en que entra en contacto con el liquido y el solido se forma la mencionada unión adhesiva de los cuales se puede interpretar distintos fenómenos que participan que se detallan a continuación:

- Enlaces primarios: Enlace ionico y covalente
- Enlaces secundarios: Fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrogeno

Tomando en consideración que los enlaces secundarios tienen una resistencia por adherencia muy baja estos relativamente se pueden potenciar cuando entra en unión una superficie de área considerable que estos mayormente son útiles para la unión de materiales de vidrio, porcelanato y cerámicos. (Sanz, R. ,2010).

2.2.5. Diseño y evaluación de las uniones adhesivas

“Para el diseño y evaluación de la uniones adhesivas es necesario conocer las prestaciones que necesitan, el ambiente de trabajo, el modo de aplicación, de los cuales los profesionales en el tema diseñan usualmente proyecciones de los adhesivos que pueden alcanzar la resistencia por adherencia que se necesita y asimismo que sean mayores a la fuerzas de cohesion, de esta manera se debe conocer las propiedades de los materiales adhesivos para poder disagnosticar y llegar a la conclusión del modo de comportamiento mecanico de la unión adhesiva.

Existen muchos casos de fallas en el modo de uso del adhesivo las cuales son debido a la falta información o no tomar en cuenta los esfuerzos que van comprometidos en las uniones, pero es importante mencionar que existen climites en el diseño ya que existen reglas empíricas que pueden hacer una idea de cuan variable puede ser la resistencia por adherencia debido a que existen innumerabkes variables que influyen en la resistencia por adherencia.

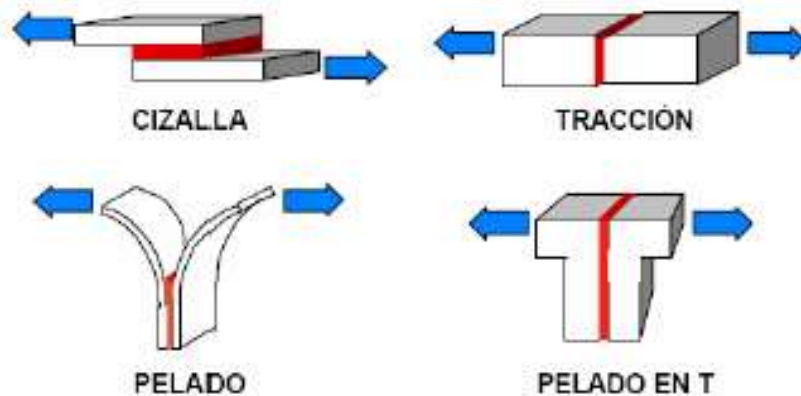
De lo cual se interpreta que para decidir que tipo de adhesivo se requiere usar en el proyecto es necesario conocer la naturaleza y magnitud de las tensiones que presentara el proyecto, asimismo se debe tener en cuenta las sollicitaciones a las cuales va a estar el material adherente que pueden ser de compresión, flexion, torsión y otros, los cuales el profesional ya debe tomar en consideración el tipo de adhesivo que debe utilizar de acuerdo a las características del proyecto.

Sin embargo las solicitaciones mecánicas no son las únicas variables a las cuales el adherente va a estar comprometido sino también a la presencia de fenómenos que son secundarios que provocan bruscos cambio en la temperatura, pero que son obviadas ya que existen medio de protección para este tipo de fenómenos.” (Sanz, R. ,2010).

En síntesis, el profesional debe tomar en consideración los siguientes tipos de solicitaciones 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 10: Tipos de solicitaciones en uniones adhesivas



Fuente: Sanz, R. 2010, Uniones soldadas y adhesivas.

“Para el diseño de uniones que se adhieran correctamente se debe tener especial cuidado en la unión de las piezas las cuales no deben poseer fuerzas externas ajenas a la unión adhesiva, para lo cual el profesional debe conocer las propiedades de la resistencia por adherencia, resistencia al impacto, pérdida de resistencia por envejecimiento térmico, humedad, salitre y otros factores que podrían perjudicar en la correcta aplicación del material adherente, en donde el

diseño dara los resultados de los límites permisibles para las pruebas o para el diseño del proyecto, por ese motivo se recomienda dar una descripción o identificar de forma rápida y accesible los métodos de que se utilizaron para llegar a la conclusión de dar las propiedades de la adhesión y el tipo de adhesivo que se utilizara, todo el procedimiento desde la concepción de la idea, observación de problemas, formulación de los objetivos se encuentran especificados en las normas estandarizadas por la ASTM el cual es usado en este proyecto de tesis.

Para poder escoger el tipo de adhesivo se debe tener en consideración el diseño del proyecto con el fin de evitar juntas adhesivas sobredimensionadas lo cual provocaría un exceso en el costo por la compra del producto y la aplicación.

Para el diseño de la junta adhesiva se debe tener en cuenta las medidas geométricas considerando la anchura de la adhesión, la distancia del solapamiento y el espesor que ocupara el adhesivo epóxico, asimismo se debe calcular la resistencia a la cortadura que se relaciona con la proporción del ancho de solapamiento de manera directa.

En la figura 11 se muestra el comportamiento de la unión adhesiva en la resistencia de adhesión vs el área de adhesión de cual se observa que existe un incremento lineal entre el incremento de la anchura y el incremento de la longitud de solapamiento, del cual se resume que constantemente la resistencia por adherencia de 2 materiales delgados supera el limite elástico y la resistencia ultima de los sustratos." (Sanz, R. ,2010).

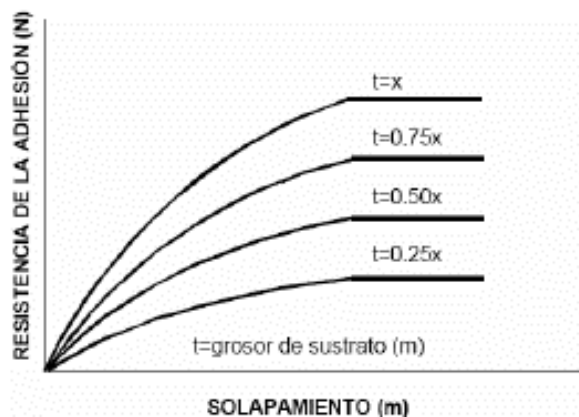
Figura 11: Comportamiento de la unión adhesiva en la resistencia de adhesión vs el área de adhesión.



Fuente: Sanz, R. (2010) Uniones soldadas y adhesivas

“ Para determinar las dimensiones geométricas de los empalmes que influyan en la resistencia por adherencia, no solo es importante saber la longitud y la anchura, también es importante conocer la propiedades mecánicas de los sustratos a unir ya que también influirá en la resistencia a la adhesión del cual si no se prevee con anticipación este comenzara a deformarse o quebrarse de acuerdo a la rigidez que posea el material del sustrato, en la figura 12 se observa el comportamiento del grosor en la resistencia de adhesión vs el solapamiento del cual indica que a mayor espesor del sustrato obtiene mejor resistencia a la adhesión.” (Sanz, R. ,2010).

Figura 12: Comportamiento del grosor en la resistencia de adhesión vs el solapamiento.



Fuente: Sanz, R. (2010) Uniones soldadas y adhesivas

“En muchas ocasiones los adhesivos son influidos por otros tipos de adhesivos con el fin de obtener propiedades únicas o unidos mediante la unión mecánica las cuales son ingeniosas debido a que los materiales necesitan prestaciones específicas con el fin de obtener mayor sostenibilidad, durabilidad u otras propiedades que se requiera de acuerdo al usuario, asimismo con el paso del tiempo los usuarios requieren de adhesivos epóxicos que tengan menor o nulo tiempo de curado con la finalidad de minimizar los problemas que surgen como son el desgarro, esfuerzos de pelado y otros.

El adhesivo disminuye los esfuerzos concentrados y beneficia la unión frente a cargas dinámicas, para lo cual es importante que el investigador conozca la hoja de datos técnica de los productos adherentes para poder escoger y predecir el comportamiento que tendrá en el proyecto.

Los datos que ofrecen las hojas de datos corresponden a ensayos que fueron realizados en laboratorio por los fabricantes, debido a la gran cantidad de factores que alteran el rendimiento de un adhesivo, solo se puede replicar la prueba con un ensayo similar a condiciones de laboratorio.” (Sanz, R. ,2010).

2.2.6. Procedimiento norma ASTM C882:

Esta norma especifica el modo de hallar la resistencia por adherencia en los sistemas de unión de resina epóxica para uso de concreto de cemento, esta norma determina el modo de hallar la resistencia por adherencia entre dos concretos endurecidos o recientemente mezclados donde al aplicar el ensayo de compresión mediante una fórmula matemática se determina el ensayo de compresión en el cilindro compuesto que fue unido con resina epóxica.

Procedimiento del ensayo:

La resistencia por adherencia se halla con el uso del sistema epoxi para unir dos secciones iguales cortados diagonalmente y unidos con resina epóxica, de lo cual se obtiene un cilindro compuesto de dimensiones de 3”x 6”. Cilindro de mortero de

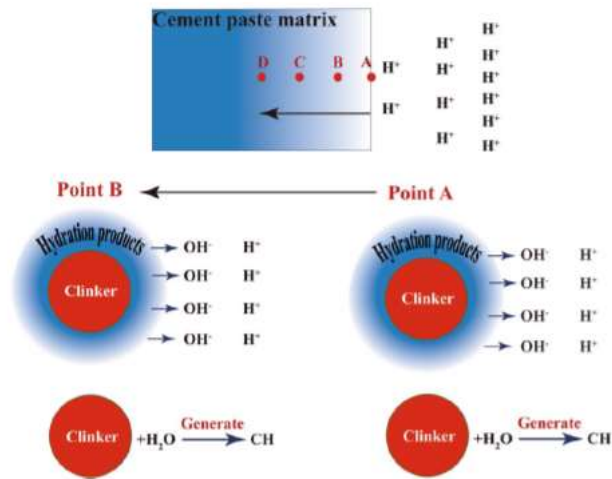
cemento portland [75 por 150 mm], cada sección cortada tiene un área en elipse de unión diagonal en un ángulo de 60° desde la vertical. Finalmente de obtener los cilindros compuestos unido con resina epóxica se realiza el ensayo de compresión en donde se halla la fuerza opuesta al eje perpendicular del elipse que será llamada como resistencia por adherencia.

2.2.7. Lixiviación del Calcio en el Concreto

Comportamiento de lixiviación de calcio de materiales cementosos en solución de ácido clorhídrico.

El comportamiento de lixiviación de calcio de la pasta de cemento y la pasta de hidróxido de calcio modificado con humo de sílice, expuesto a una solución de ácido clorhídrico. La cinética de degradación se evaluó por los cambios de pH de la solución de ácido clorhídrico con el tiempo. Se probaron los cambios de resistencia a la compresión de las muestras en ácido clorhídrico con el tiempo. Los productos de hidratación de muestras lixiviadas también se analizaron por difracción de rayos X (DRX), calorimetría de barrido diferencial (DSC), termogravimétrico (TG) y microscopio de fuerza atómica (AFM). Los resultados de las pruebas muestran que existe un equilibrio dinámico en el suministro y consumo de hidróxido de calcio en solución de ácido clorhídrico, que gobierna la estabilidad de los productos de hidratación como el silicato de calcio hidratado (C-S-H). La disminución de la resistencia a la compresión indica que C-S-H se descompone debido a la menor concentración de hidróxido de calcio en la solución de poros que la concentración de equilibrio de los productos de hidratación. Además, la hidratación del clínker no hidratado retrasó la descomposición de C-S-H en solución de ácido clorhídrico debido al aumento de hidróxido de calcio en la solución de poros de materiales cementosos.

Figura 13: Mecanismo de lixiviación del calcio en la pasta de cemento



Fuente: Huashan Y. & Et. (2018)

La lixiviación de calcio, es un mecanismo de degradación que consiste en una disolución progresiva de los hidratos de cemento como consecuencia de la migración de los iones de calcio a la solución de poros, puede dañar severamente estructuras como presas, estructuras de contención de desechos nucleares, tuberías, tanques de almacenamiento de agua, y túneles. La cinética de la lixiviación de calcio de materiales cementosos es muy lenta, pero puede ser un riesgo a largo plazo. La predicción del comportamiento a largo plazo de los materiales cementosos en entornos agresivos requiere un conocimiento sólido de los diversos mecanismos de deterioro que afectarán a las estructuras a lo largo de sus vidas. Los mecanismos de lixiviación de calcio han sido objeto recientemente de una extensa investigación. Aún así, su comportamiento físico-químico aún no se comprende completamente. El silicato de calcio amorfo hidratado, el hidróxido de calcio (portlandita), los aluminatos, el etringita y el cemento no hidratado (clínker), etc. son los componentes principales de los cementos Portland hidratados. Su estabilidad química influirá fuertemente en la durabilidad del concreto en ambientes agresivos. La matriz de pasta de cemento es básicamente un material poroso.

Estos poros generalmente están llenos de una solución altamente básica. La Portlandita es la más susceptible a la hidrólisis debido a su solubilidad relativamente

alta en agua desionizada, que solo es estable cuando la concentración de calcio en la solución de poros es superior a 20 mol/m³. La hidrólisis continua de portlandita expone los constituyentes cementosos de la pasta de cemento endurecido a descomposición química. La disolución de los productos de hidratación de la pasta de cemento endurecido produce varios efectos nocivos, los más obvios son el aumento de la porosidad y la consiguiente pérdida de resistencia. La descalcificación también induce cambios dimensionales de la pasta de cemento. Berner(1988) sugirió que C-S-H es estable cuando la concentración de calcio en la solución de poros es de 2 a 20 mol / m³, tal equilibrio depende de su relación Ca/Si (cuanto mayor sea la relación Ca/Si del gel, mayor será el equilibrio). C-S-H se descalcifican, reduciendo su relación Ca/Si, cuando las concentraciones de calcio están por debajo de la concentración de equilibrio. Las adiciones minerales al cemento, como el humo de sílice (SF), juegan un papel importante en la mejora del comportamiento mecánico y la resistencia a la lixiviación.

Figura 14: Modelo de la microestructura de la pasta de cemento hidratada



Fuente: Ing. Roberto Torrent (2018), Impacto sobre el desempeño de las estructuras de hormigón, [15].

Lin et al.(2011) informó que la resistencia aumentó con un aumento en la cantidad de adiciones minerales. Estas adiciones minerales disminuyen el contenido de portandita y forman un C-S-H más denso y más estable que el Portland C-S-H por efecto puzolánico. El gel C-S-H más denso desacelera el proceso de lixiviación de iones de calcio y ralentiza el deterioro de la resistencia de las muestras con humo de sílice. Además, se informa que el uso de adiciones minerales como el humo de sílice da como resultado una reducción significativa de las propiedades de transporte de las mezclas. Además, la lixiviación de calcio disminuye al aumentar el contenido de humo de sílice, que refina la estructura de los poros a través de la reacción puzolánica, proporcionando así resistencia al proceso de lixiviación por generación de porosidad.

Chandra (1988) investigó que el proceso del ataque de ácido clorhídrico en los morteros de cemento, los resultados mostraron que el ácido clorhídrico ataca a los materiales del clinker del cemento portland formando sales solubles, en su mayoría calcio el cual es consecuencia de la lixiviación, de esta manera la porosidad en el mortero de cemento aumenta.

Análisis AFM: Se utilizaron técnicas de AFM (Análisis del Microscopio de Fuerza Atómica) para proporcionar mapas topográficos de las regiones seleccionadas, centrándose en los productos de hidratación. La escala de colores para las imágenes AFM representa diferencias en la topografía, con colores más oscuros correspondientes a una menor altura de superficie y un color más claro correspondiente a una mayor altura de superficie. C-S-H y CH tienen características diferentes, se pueden distinguir claramente por la técnica AFM. Los cristales de CH tienen una morfología cristalina hexagonal, que es una estructura estratificada.

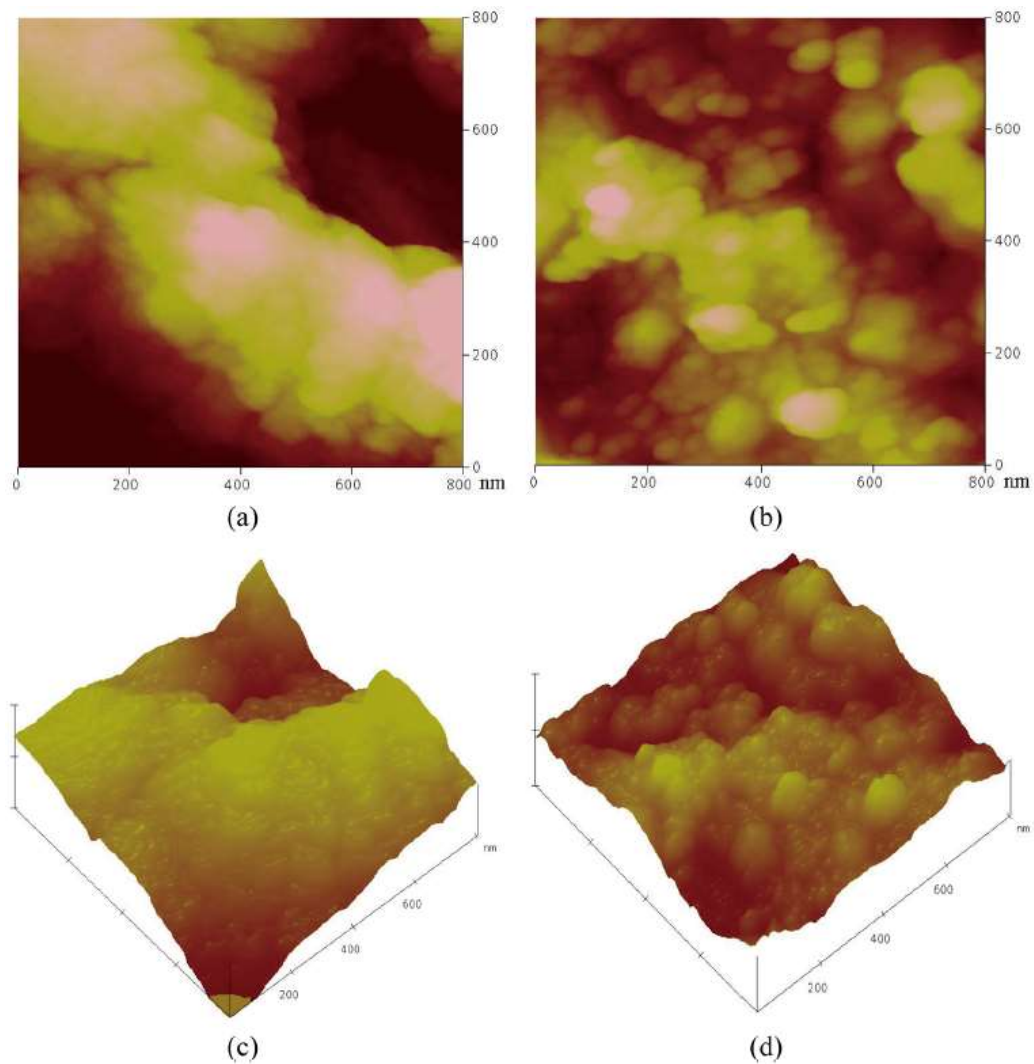
Un aumento mayor en la región C-S-H muestra claramente esta estructura granular (identificada por EDX), como se muestra en la Fig. 15. Se observan granos con tamaños en el rango de cientos de nanómetros. Es muy notorio que la región CH es

plana y lisa y no se puede observar estructura de grano. Por otro lado, el área C-S-H es relativamente rugosa con una estructura granulada. Además, las partículas C-S-H están en el rango de cientos de nanómetros, mientras que los granos de CH están en el rango de docenas de nm.

La Figura 15 (a, c) muestra las imágenes AFM de la muestra C (lixiviada con C) sometida a ácido clorhídrico durante 10 días.

Muestra de control (c -sin lixiviar) curada en agua de cal saturada, que tiene el mismo tiempo de curado que el C-lixiviado. La Figura 12 (b, d) muestra las imágenes AFM de C-lixiviadas. Se puede observar en la figura que los grupos C-S-H de C-no lixiviado y C-lixiviado están formados por partículas esféricas con diferentes tamaños. Se observan granos con tamaños en el rango de cientos de nanómetros. Una estructura de este tipo de la C-S-H es comparable con la descripción de la fase C-S-H de Tipo III de Diamond. La brecha entre los grupos C-S-H en la muestra C-lixiviada es mayor que la de la muestra de control (C-no lixivada) a los 10 días. Esto indica que parte del gel C-S-H en la pasta de cemento hidratada se descompone debido a la erosión del ácido clorhídrico. El estudio muestra que la cohesión en la pasta de cemento resulta de las interacciones entre las superficies C-S-H en una solución iónica intersticial. Los iones de calcio entre capas son responsables de crear fuerzas atractivas entre partículas. La pérdida de iones de calcio también explicaría la disminución continua en el área de superficie específica de C-S-H. Por tanto, la pérdida de iones calcio de C-S-H contribuye a la marcada pérdida de resistencia a la compresión. Huashan Y. & Et. (2018)

Figura 15: Resultados del microscopio de fuerza atómica;



Fuente: Huashan Y. & Et. (2018)

De la imagen se puede observar, (a) imagen AFM del cemento no lixiviado; (b) imagen AFM del cemento lixiviado; (c) imagen AFM en 3D del cemento no lixiviado; (d) imagen AFM en 3D del cemento lixiviado

2.3. Definición de términos

Adherencia

Se define como adherencia a la capacidad de resistencia opuesta que procede del adherente por medio de la unión adhesiva.

Adhesivos

Es un material aglomerante que tiene como fin, unir o ligar materiales.

Aditivo

Son los componentes de naturaleza organica o sintetica el cual tiene objetivo principal modificar o quitar sus características los tipode aditivos que existen en el mercado son los incorporadores de aires, reductores de agua, aceleradores, retardante entre otros, este aditivo es beneficioso ya que hace que el material de cemento se adapte mejor a las condiciones de obra o la necesidad del usuario.

ASTM

Es la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (American Society for Testing Material) del cual es la mas grande institucion científica que sirve como cimientos teóricos para posteriores estudios.

Lixiviación

La lixiviación se define como la separación de una sustancia mediante lavado contenida en una matriz solida, la cual da como resultado la separación del material pulverizada o por disolventes liquidos del cual a este se llama como material extraido, comúnmente también llamado como lavado ya que el material es disuleto lo cual disuelve las impurezas.

Mortero

El mortero es una pasta que se enuentra compuesto por una proporción de cemento u otros materiales cementosos, agregado fino y agua la cual tiene como

característica su uso en albañilería, tabiquería, acabados entre otros, del cual es poco utilizado debido a que tiene un elevado costo ya que no contiene agregado grueso y por ende tiene menor volumen pero a comparación del concreto este mortero de cemento tiene propiedades mecánicas similares a la pasta endurecida debido a que contiene en su mayor parte de cemento

Puente de adherencia

El puente de adherencia se define como la unión entre dos componentes con un adhesivo epóxico, del cual tiene como objetivo en continuar con el trabajo o en obras civiles continuar con el proyecto, ya que este producto tiene como finalidad primordial darle monolitismo al material unido.

Resina Epoxica

La resina epoxica 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 a la manipulación, la cual es ampliamente utilizado como adhesivo, capas de protección, construcción de moldes, en electrónica y en la industria alimentaria, debido a su propiedades químicas y mecánicas, las cuales son: alta resistencia térmica, gran resistencia a la corrosión, no se contrae, es auto nivelante.

Resistencia por adherencia

Fuerza de unión o atracción de dos sustancias diferentes que se puede observar macroscópicamente, es la unión que se produce entre el adhesivo y la superficie.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La aplicación del ácido clorhídrico mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.

2.4.2. Hipótesis Específica

- La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 3% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.
- La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 6% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.
- La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 9% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Resistencia por adherencia entre concretos está definida como la máxima carga que puede soportar mediante la aplicación de presión axial.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Aplicación del ácido clorhídrico, referido a la posibilidad de incrementar la resistencia aplicando ácido clorhídrico en concentraciones de 3%, 6% y 9%.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 9:Operacionalización de las variables de la investigación.

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADORES | FUENTES | INSTRUMENTOS |
|----------------------------|--|--|--|--|--|
| Ácido clorhídrico | El ácido clorhídrico es un ácido inorgánico compuesto de cloro e hidrogeno cuya fórmula es HCl . El ácido clorhídrico a temperatura ambiente es un gas incoloro o ligeramente amarillo con olor fuerte. En contacto con el aire forma vapores densos de color blanco debido a la condensación con la humedad atmosférica. Contiene un ph de 0.1 | Ácido clorhídrico (HCl) | Concentración de ácido clorhídrico: <ul style="list-style-type: none"> • 3% • 6% • 9% | Ingeniería Química, Eugenio Muñoz (2013) | Laboratorio de química |
| Resistencia por adherencia | La resistencia de la unión se determina mediante el uso del sistema epoxi para unir dos secciones iguales de un 3 por 6 pulgadas. Cilindro de mortero de cemento portland [75 por 150mm], cada sección tiene un área de unión de fundición diagonal en un ángulo de 30° desde la vertical. Después del curado adecuado del agente de unión, la prueba se realiza determinando la resistencia a la compresión del cilindro compuesto. | Resistencia por adherencia (kg/cm ²) | Ensayo de resistencia a la compresión en cilindros compuestos | ASTM C882 (2002) | Equipo para el ensayo de compresión del concreto |

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Método de investigación

Para los propósitos de la presente investigación se utilizó el método científico, requiriendo para ello los siguientes elementos:

- Método Analítico, que contribuyó en los criterios de descomposición en sus elementos básicos del fenómeno.
- Métodos Deductivo e Inductivo, en muchos momentos de la investigación se realizó generalizaciones y particularizar algunas situaciones.
- Método Sintético, este método permitió elaborar el plan de tesis.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, donde se utiliza los conocimientos de la ingeniería en la práctica, para aplicarlos y probar la hipótesis por medio de los experimentos que se realizaran en el laboratorio.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, “Están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

Las investigaciones explicativas son más estructuradas que las demás clases de estudios y de hecho implican los propósitos de ellas (exploración, descripción y correlación), además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.” (Hernández S.,2014).

3.4. Diseño de la investigación

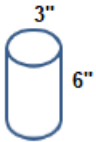
El diseño de investigación es experimental, porque se cumple con los siguientes requisitos:

Primero: Se manipulo la variable independiente (Aplicación del ácido clorhídrico).
 Segundo: se realizó mediciones del efecto de la variable independiente en la dependiente (incremento o decremento de la resistencia por adherencia).
 Asimismo, esta investigación es del tipo experimental porque se tiene control absoluto sobre las variaciones de porcentaje de nuestra variable independiente.

3.5. Población y muestra

En la presenta investigación se tiene como población los elementos de concreto – probetas que se ensayaran a compresión, elaborados de acuerdo a la norma ASTM C882 para los cuales después de su corte aplicar el ácido clorhídrico y posteriormente la resina epóxica, los cuales se llevaran a cabo para este propósito de investigación en un laboratorio certificado.

Tabla 10: Características de la muestra

| Ensayos | Norma de Referencia | Unidad de Estudio |
|------------------------------------|---------------------|---|
| Resistencia a la adherencia | ASTM C882 |  |

Fuente: Elaboración Propia, 2020

En la presente investigación tiene como muestra los elementos estructurales representados por las briquetas de concretos elaboradas en el laboratorio en un ambiente controlado de agentes externos con el fin de evitar falsos positivos.

La muestra que se realizaran en el laboratorio cumplirá con los requisitos que exigen la normatividad, asimismo las muestras de patrón serán elaboradas con un puente de adherencia para posteriormente aplicar el estímulo (ácido clorhídrico) y finalmente control el cambio de la muestra.

Muestra:

Se realizó un muestreo probabilístico aleatorio simple teniendo cada testigo la probabilidad de pertenecer a la muestra. Para calcular la muestra se utilizara la siguiente formula:

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

n_0 = Muestra

Z = Valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza del 95%

S = Desviación estándar

E = Error del muestreo en porcentaje del estimador

Para obtener el Valor de Z, se recurre a la siguiente tabla:

Tabla 11: Valores de la Distribución Normal Estandarizada

| VALORES DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDARIZADA | | | |
|--|--------------------|-----------|------------|
| ERROR (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral | | | |
| Nivel de confianza (1- α) | Error (α) | Valor Z | |
| | | Bilateral | Unilateral |
| 90% | 0.1 | 1.64 | 1.28 |
| 95% | 0.05 | 1.96 | 1.64 |
| 99% | 0.01 | 2.57 | 2.32 |
| ERROR (Tipo II): Siempre es unilateral | | | |
| Poder (1- β) | Error(β) | Valor Z | |
| 0.80 | 0.20 | 0.842 | |
| 0.90 | 0.10 | 1.282 | |
| 0.95 | 0.05 | 1.645 | |
| 0.99 | 0.01 | 2.326 | |

Fuente: George Box et al (2008). Estadística para investigadores

Para obtener la desviación, se consideraron los valores de resistencia por adherencia de los datos obtenidos, se hallará con la siguiente formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

σ o S = Desviación estandar

X_i = Variable

\bar{X} = Media de la variable

N = Numero de observaciones

Calculo de la desviación estándar:

Se tomó como muestra el grupo patrón con puente de adherencia sin influencia del ácido clorhídrico

Tabla 12: Resultados del grupo patrón por Resistencia por adherencia

| Probeta | Resistencia por adherencia (Kg/cm ²) |
|---------|--|
| P-1 | 83.14 |
| P-2 | 84.64 |
| P-3 | 89.49 |
| P-4 | 92.6 |
| P-5 | 93.83 |
| P-6 | 94.45 |
| P-7 | 95.21 |
| P-8 | 95.4 |
| P-9 | 96.99 |
| P-10 | 97.78 |
| P-11 | 101.93 |
| P-12 | 102.58 |
| P-13 | 103.94 |
| P-14 | 104.68 |
| P-15 | 105.48 |
| P-16 | 105.72 |
| P-17 | 106.73 |
| P-18 | 111.76 |

| | |
|------|--------|
| P-19 | 114 |
| P-20 | 115.53 |

Fuente: Base de Datos, 2020.

S= 9.01 (Desviación estándar)

Calculo de la muestra:

Tabla 13: Calculo de la muestra

| | |
|--|-------|
| Resistencia por Adherencia a los 28 días (kg/cm ²) | 99.79 |
| E (Error 5%) | 4.99 |
| Desviación Estándar (S) | 9.01 |
| Z (nivel de confianza 95%) | 1.96 |
| n (muestra) | 13 |

Fuente: Base de Datos, 2020.

Para resultados más efectivos se consideró realizar 20 probetas por cada grupo de muestreo debido a que el investigador no cuenta con la experiencia para la aplicación de la resina epoxica asimismo se considera deficiencias en el corte de las probetas con angulo de 30° con amoladora lo cual tiene que cumplir no las dimensiones de una abertura de ± 5 mm, en conclusión la muestra será n=20 probetas

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron formatos para recolectar información sobre los ensayos, así como apreciaciones por parte de los investigadores.

- Análisis documental
- Fichas técnicas de ensayos normalizados
- Aparatos de medición

- Informes de resultados de laboratorios
- Ficha de observación

3.7. Procesamiento de la información

Considerando el uso de máquinas registradoras y calculadoras que reemplaza en cierto grado el proceso de cálculo manual, lo cual esto trae como lógica consecuencia el aligeramiento del trabajo en relación al proceso y reducción de los errores, pero mantiene en desventaja el proceso de almacenamiento de toda la información resultante.

Por lo tanto, el procesamiento manual de las muestras y mecánico con la ayuda de computadoras y calculadoras para poder obtener los datos de los instrumentos de ingeniería tanto como los ensayos y los informes de resultados.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Para poder analizar los datos de la investigación del grupo patrón y los tres grupos de ensayo se utilizara el software Microsoft Excel 2016 y el software IBM SPSS Statistics versión 26 para el procesamiento y análisis de los datos ensayados.

La prueba estadística que se utilizara para nuestra investigación según el tipo de variable que poseemos será análisis de varianza ANOVA, debido a que se tiene el número de grupos que son 3, que se analizaran con nuestra variable.

- Hipotesis nula (Ho): No influye el HCl en los grupos evaluados

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; \mu_3; \mu_4$$

- Hipótesis alterna (H1): Influye el HCl en los grupos evaluados

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2; \mu_3; \mu_4$$

Donde:

μ_1 : Probeta unida sin influencia de ácido clorhídrico

μ_2 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 3%

μ_3 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 6%

μ_4 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 9%

Para la prueba de ANOVA, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula H_0 .

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H_1 .

PRUEBA POST HOC:

Prueba de Tukey

Después de analizar si existe diferencia de varianza entre grupos seguidamente se hace la prueba de tukey que sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia de los tres grupos

- Hipotesis nula (H_0): No existe diferencias entre los grupos evaluados

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

- Hipótesis alterna (H_1): Existe diferencias entre algunos de los grupos evaluados

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Donde:

μ_1 : Probeta unida sin influencia de ácido clorhídrico

μ_2 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 3%

μ_3 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 6%

μ_4 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 9%

Tabla 14: Ejemplo de cuadro comparativo entre grupos evaluados según prueba de Tukey

| | A | B | C | D |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| A | - | Ho: A=B H ₁ : A≠B | Ho: A=C H ₁ : A≠C | Ho: A=D H ₁ : A≠D |
| B | Ho: B=A H ₁ : B≠A | - | Ho: B=C H ₁ : B≠C | Ho: B=D H ₁ : B≠D |
| C | Ho: C=A H ₁ : C≠A | Ho: C=B H ₁ : C≠B | - | Ho: C=D H ₁ : C≠D |
| D | Ho: D=A H ₁ : D≠A | Ho: D=B H ₁ : D≠B | Ho: D=C H ₁ : D≠C | - |

Fuente: Elaboración propia

Para la prueba de TUKEY, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula Ho.

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H1

Para comprobar la distribución normal o normalidad de los datos se aplicará la prueba de Shapiro – Wilk debido a que el tamaño de nuestra muestra es menor de 50 datos.

Se considera una significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal de 0.05.

P-Valor ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula Ho, lo que significa que las varianzas presentan igualdad, los datos presentan distribución normal.

P-Valor < 0.05 se acepta la hipótesis alterna H1, lo que significa que las varianzas no presentan igualdad, hay diferencias significativas y los datos no presentan distribución normal.

Para comprobar la homogeneidad de varianzas se utilizará el test de Levene debido a que nuestra muestra es de 2 grupos o más asimismo para encontrar similitudes entre grupos.

P-Valor ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula H_0 , lo que significa que las varianzas presentan igualdad, los datos presentan homogeneidad de varianzas.

P-Valor < 0.05 se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo que significa que las varianzas no presentan igualdad, hay diferencias significativas y los datos no presentan homogeneidad de varianzas.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra a continuación el resumen de los resultados de la investigación que corresponden a los ensayos de compresión para determinar la resistencia por adherencia.

4.1. Resultados de ensayos de caracterización del agregado:

Para esta investigación se usó agregado fino proveniente de la cantera Inca corral ubicado en Alto Pilcomayo.

Resultados de Agregado fino:

| | | |
|------------------|----------|--|
| PROYECTO | : | PROYECTO DE TESIS |
| UBICACIÓN | : | LABORATORIO DE SUELOS |
| | | HUANCAYO - JUNIN |
| SOLICITA | : | HUAMANLAZO TAPE ALCIDES EDUARDO |
| MUE STRA | : | ARENA |
| UBICACIÓN | : | PILCOMAYO |
| FECHA | : | 10 DE OCTUBRE DEL 2020 |

Tabla 15: Caracterización del agregado fino

| ENSAYOS | RESULTADOS | NORMA |
|--------------------------------------|------------|-------------|
| GRANULOMETRÍA (MF) | 2.75 | NTP 400.012 |
| % CONTENIDO DE HUMEDAD | 3.99 | NTP 339.185 |
| PESO ESPECÍFICO (Kg/m ³) | 1651.36 | NTP 400.021 |
| % ABSORCIÓN | 6.5 | NTP 400.021 |
| PESO UNITARIO SUELTO (PUS) | 1775.89 | NTP 400.017 |
| PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) | 1905.78 | NTP 400.017 |

Fuente: Base de datos, 2020

CURVA GRANULOMETRICA

Figura 16: Curva Granulométrica del agregado fino



Fuente: Base de Datos, 2020

La muestra de agregado fino corresponde a una arena graduada que es necesario para la elaboración de cemento hidráulico según la norma ASTM C778 Especificación estándar para Arena estándar o comúnmente llamado Arena Ottawa.

4.2. Resultados de Laboratorio de concreto:

Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de mortero sin puente de adherencia con relación A/C=0.65

Tabla 16: Resultados de Resistencia a compresión de los morteros

| N°PROBETA | DIAMETRO PROMEDIO (mm) | PESO (Kg) | RESISTENCIA A COMPRESION (KG/CM2) |
|------------------|-------------------------------|------------------|--|
| M-1 | 75 | 1392 | 200.09 |
| M-2 | 75.5 | 1408 | 198.95 |
| M-3 | 75 | 1428 | 201.15 |
| M-4 | 75 | 1403 | 196.78 |
| M-5 | 75.5 | 1357 | 192.26 |

Fuente: Base de datos, 2020

Promedio de la resistencia a la compresión = 197.85 Kg/cm²

1. Resultados de la resistencia por adherencia con puente de adherencia sin utilizar ácido clorhídrico:

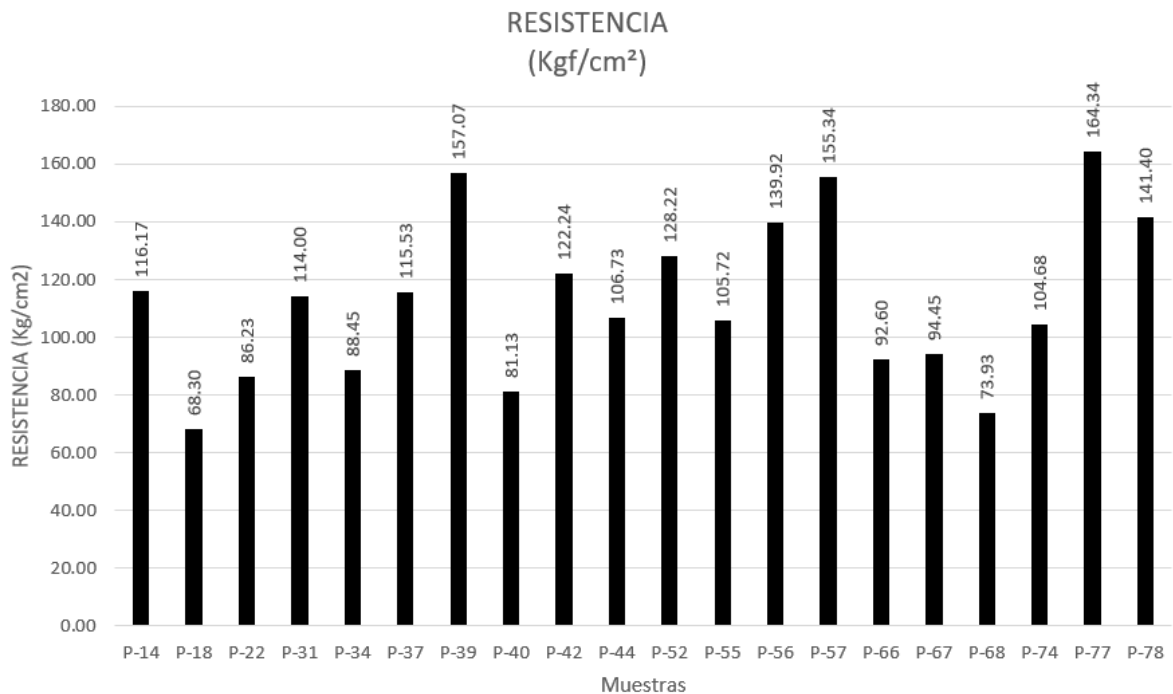
Tabla 17: Resultados de resistencia por adherencia – Grupo Patrón

| N° PROBETA | CONCENTRACION DE ACIDO (%) | PESO (Kg) | FUERZA (KN) | FUERZA (Kgf) | RESISTENCIA (Kgf/cm ²) |
|------------|----------------------------|-----------|-------------|--------------|------------------------------------|
| P-14 | 0 | 1349 | 50.33 | 5132.15 | 116.17 |
| P-18 | 0 | 1322 | 29.59 | 3017.29 | 68.30 |
| P-22 | 0 | 1292 | 37.36 | 3809.60 | 86.23 |
| P-31 | 0 | 1283 | 49.39 | 5036.30 | 114.00 |
| P-34 | 0 | 1321 | 38.32 | 3907.49 | 88.45 |
| P-37 | 0 | 1324 | 50.05 | 5103.60 | 115.53 |
| P-39 | 0 | 1324 | 68.05 | 6939.06 | 157.07 |
| P-40 | 0 | 1338 | 35.15 | 3584.25 | 81.13 |
| P-42 | 0 | 1344 | 52.96 | 5400.33 | 122.24 |
| P-44 | 0 | 1338 | 46.24 | 4715.09 | 106.73 |
| P-52 | 0 | 1393 | 55.55 | 5664.43 | 128.22 |
| P-55 | 0 | 1342 | 45.8 | 4670.23 | 105.72 |
| P-56 | 0 | 1363 | 60.62 | 6181.42 | 139.92 |
| P-57 | 0 | 1330 | 67.3 | 6862.58 | 155.34 |
| P-66 | 0 | 1355 | 40.12 | 4091.04 | 92.60 |
| P-67 | 0 | 1312 | 40.92 | 4172.61 | 94.45 |
| P-68 | 0 | 1366 | 32.03 | 3266.10 | 73.93 |
| P-74 | 0 | 1314 | 45.35 | 4624.34 | 104.68 |
| P-77 | 0 | 1320 | 71.2 | 7260.26 | 164.34 |
| P-78 | 0 | 1345 | 61.26 | 6246.68 | 141.40 |

Fuente: Base de datos, 2020

2. Histograma comparativo de los valores de resistencia por adherencia de las probetas con puente de adherencia sin influencia del ácido clorhídrico:

Figura 17: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia sin influencia del HCl.



Fuente: Base de datos, 2020

Promedio de la resistencia por adherencia para un puente de adherencia con influencia de 0% de HCl = 112.82 Kg/cm²

3. Resultados de la resistencia por adherencia utilizando el ácido clorhídrico en concentración al 3%.

Tabla 18: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 3%.

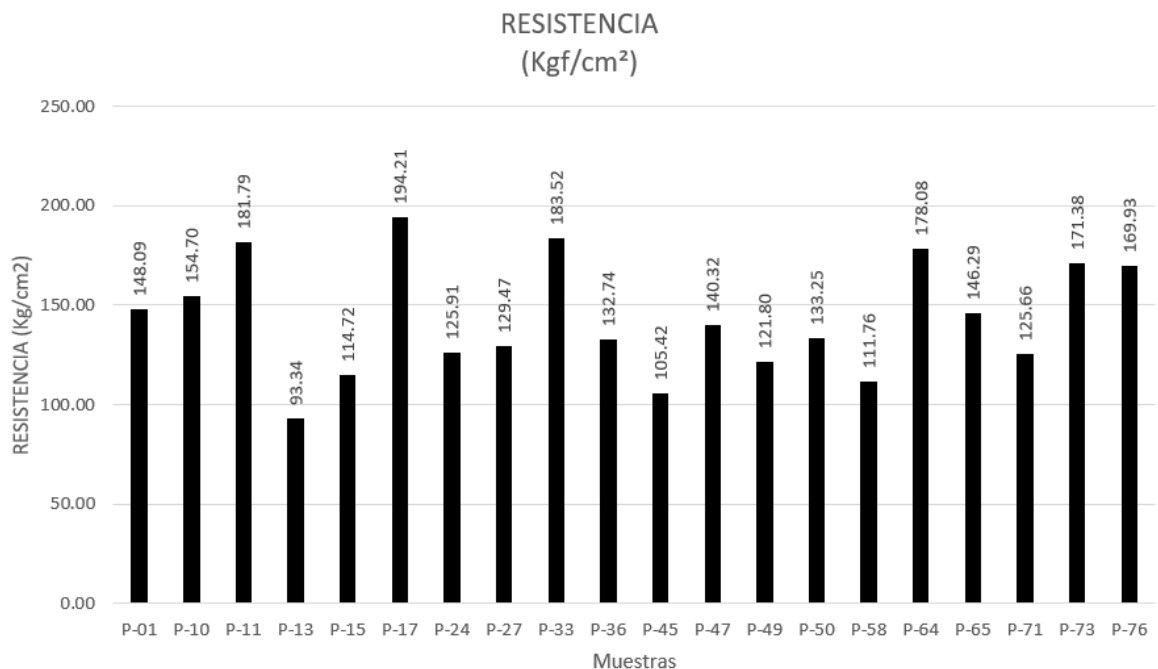
| N° PROBETA | CONCENTRACION DE ACIDO (%) | PESO (Kg) | FUERZA (KN) | FUERZA (Kgf) | RESISTENCIA (Kgf/cm ²) |
|------------|----------------------------|-----------|-------------|--------------|------------------------------------|
| P-01 | 3 | 1328 | 64.16 | 6542.40 | 148.09 |
| P-10 | 3 | 1424 | 67.02 | 6834.03 | 154.70 |
| P-11 | 3 | 1384 | 78.76 | 8031.16 | 181.79 |
| P-13 | 3 | 1353 | 40.44 | 4123.67 | 93.34 |
| P-15 | 3 | 1340 | 49.7 | 5067.91 | 114.72 |
| P-17 | 3 | 1344 | 84.14 | 8579.76 | 194.21 |

| | | | | | |
|------|---|------|-------|---------|--------|
| P-24 | 3 | 1328 | 54.55 | 5562.46 | 125.91 |
| P-27 | 3 | 1336 | 56.09 | 5719.50 | 129.47 |
| P-33 | 3 | 1350 | 79.51 | 8107.63 | 183.52 |
| P-36 | 3 | 1312 | 57.51 | 5864.29 | 132.74 |
| P-45 | 3 | 1226 | 45.67 | 4656.97 | 105.42 |
| P-47 | 3 | 1308 | 60.79 | 6198.76 | 140.32 |
| P-49 | 3 | 1323 | 52.77 | 5380.96 | 121.80 |
| P-50 | 3 | 1346 | 57.73 | 5886.73 | 133.25 |
| P-58 | 3 | 1370 | 48.42 | 4937.39 | 111.76 |
| P-64 | 3 | 1428 | 77.15 | 7866.99 | 178.08 |
| P-65 | 3 | 1377 | 63.38 | 6462.86 | 146.29 |
| P-71 | 3 | 1356 | 54.44 | 5551.25 | 125.66 |
| P-73 | 3 | 1402 | 74.25 | 7571.27 | 171.38 |
| P-76 | 3 | 1316 | 73.62 | 7507.03 | 169.93 |

Fuente: Base de datos, 2020

4. Histograma comparativo de los valores de resistencia por adherencia de las probetas con puente de adherencia con influencia del ácido clorhídrico al 3%.

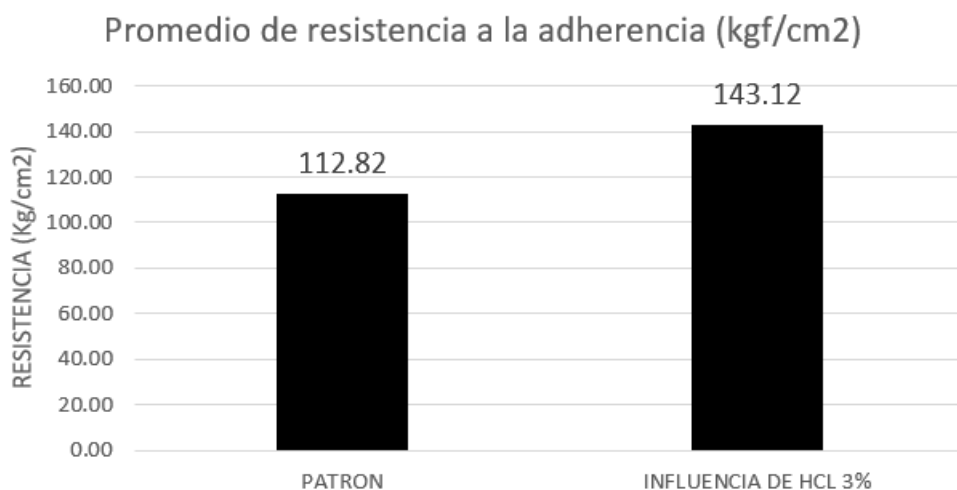
Figura 18: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 3%.



Fuente: Base de datos, 2020

Promedio de la resistencia por adherencia para un puente de adherencia con influencia de 3% de HCl = 143.12 Kg/cm²

Figura 19: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 3%.



Fuente: Base de datos, 2020

De la figura se puede observar que las probetas patrón tienen una resistencia por adherencia de 112.82 Kg/cm² el cual es mayor al promedio del grupo de briquetas con puente de adherencia influidos con HCl al 3% con una resistencia por adherencia de 143.12 Kg/cm².

Se resume que hay un crecimiento gradual del 26.85% de su resistencia del grupo de patrón lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia.

5. Resultados de la resistencia por adherencia utilizando el ácido clorhídrico en concentración al 6%

Tabla 19: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 6%

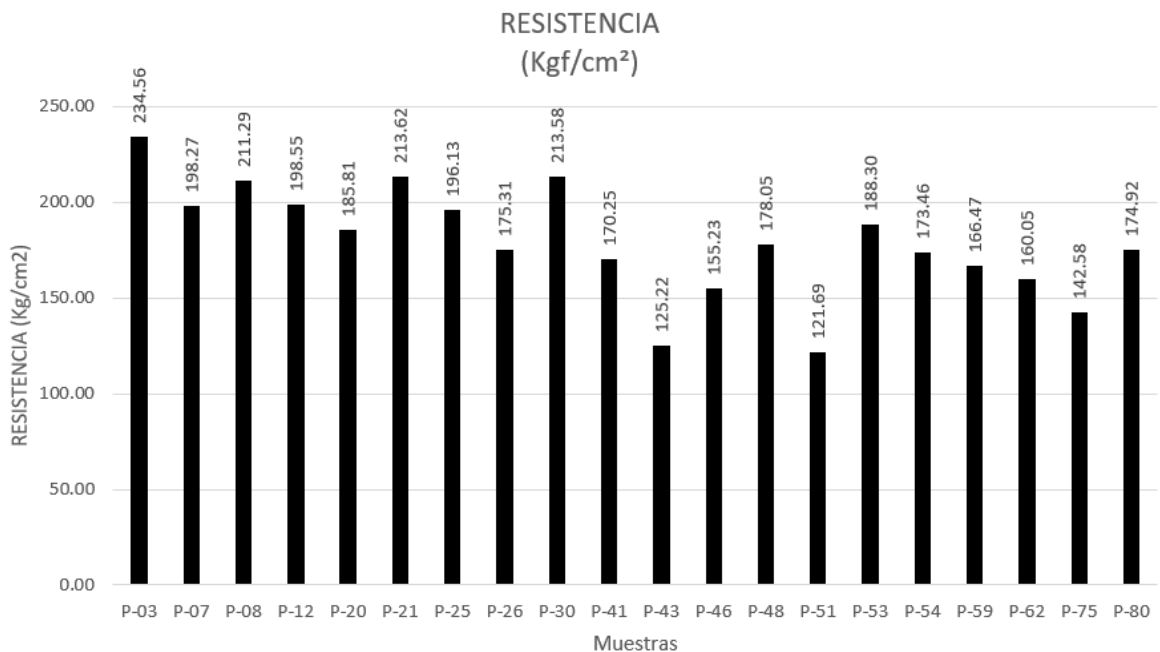
| N° PROBETA | CONCENTRACION DE ACIDO (%) | PESO (Kg) | FUERZA (KN) | FUERZA (Kgf) | RESISTENCIA (Kgf/cm ²) |
|------------|----------------------------|-----------|-------------|--------------|------------------------------------|
| P-03 | 6 | 1380 | 101.62 | 10362.19 | 234.56 |
| P-07 | 6 | 1403 | 85.9 | 8759.22 | 198.27 |
| P-08 | 6 | 1364 | 91.54 | 9334.33 | 211.29 |
| P-12 | 6 | 1352 | 86.02 | 8771.46 | 198.55 |
| P-20 | 6 | 1336 | 80.5 | 8208.59 | 185.81 |
| P-21 | 6 | 1362 | 92.55 | 9437.32 | 213.62 |
| P-25 | 6 | 1363 | 84.97 | 8664.39 | 196.13 |

| | | | | | |
|------|---|------|-------|---------|--------|
| P-26 | 6 | 1357 | 75.95 | 7744.62 | 175.31 |
| P-30 | 6 | 1368 | 92.53 | 9435.28 | 213.58 |
| P-41 | 6 | 1339 | 73.76 | 7521.31 | 170.25 |
| P-43 | 6 | 1319 | 54.25 | 5531.87 | 125.22 |
| P-46 | 6 | 1333 | 67.25 | 6857.48 | 155.23 |
| P-48 | 6 | 1344 | 77.14 | 7865.97 | 178.05 |
| P-51 | 6 | 1365 | 52.72 | 5375.86 | 121.69 |
| P-53 | 6 | 1322 | 81.58 | 8318.71 | 188.30 |
| P-54 | 6 | 1345 | 75.15 | 7663.05 | 173.46 |
| P-59 | 6 | 1357 | 72.12 | 7354.08 | 166.47 |
| P-62 | 6 | 1331 | 69.34 | 7070.60 | 160.05 |
| P-75 | 6 | 1364 | 61.77 | 6298.69 | 142.58 |
| P-80 | 6 | 1345 | 75.78 | 7727.29 | 174.92 |

Fuente: Base de datos, 2020

6. Histograma comparativo de los valores de resistencia por adherencia de las probetas con puente de adherencia con influencia del ácido clorhídrico al 6%

Figura 20: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 6%.



Fuente: Base de datos, 2020

Promedio de la resistencia por adherencia para un puente de adherencia con influencia de 6% de HCl = 179.17 Kg/cm²

Figura 21: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 6%.



Fuente: Base de datos, 2020

De la figura se puede observar que las probetas patrón tienen una resistencia por adherencia de 112.82 Kg/cm² el cual es mayor al promedio del grupo de briquetas con puente de adherencia influidos con HCl al 6% con una resistencia por adherencia de 179.17 Kg/cm².

Se resume que hay un crecimiento gradual del 58.80% de su resistencia del grupo de patrón lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia.

7. Resultados de la resistencia por adherencia utilizando el ácido clorhídrico en concentración al 9%

Tabla 20: Resistencia por adherencia con influencia del HCl al 9%

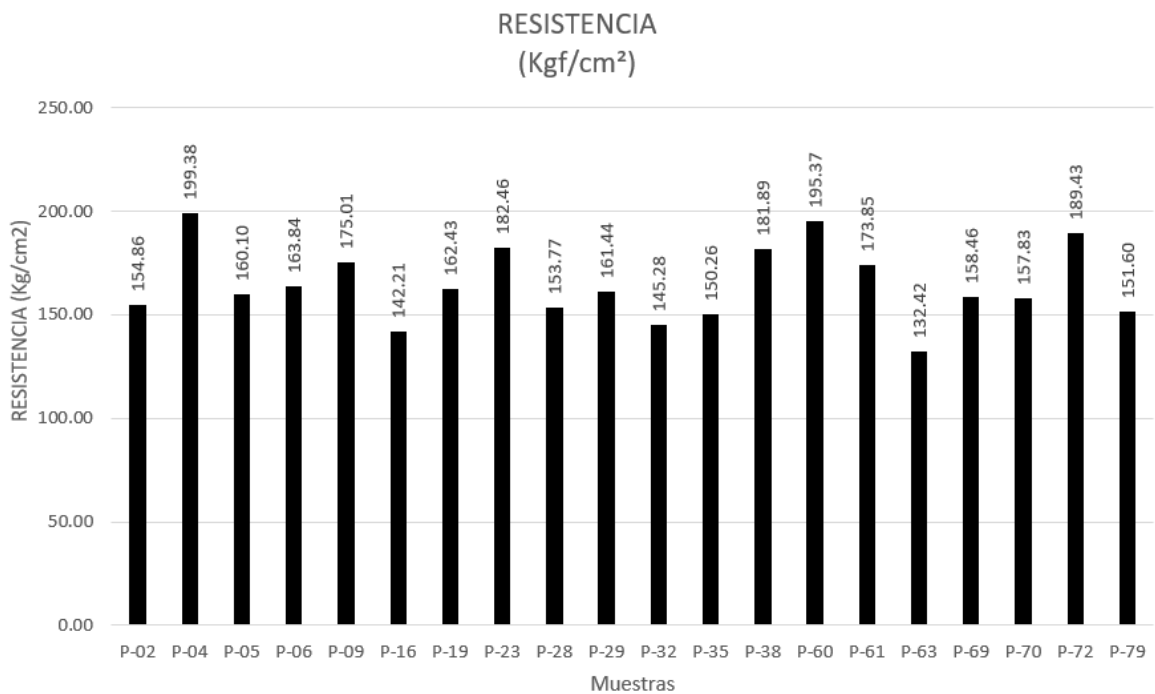
| N° PROBETA | CONCENTRACION DE ACIDO (%) | PESO (Kg) | FUERZA (KN) | FUERZA (Kgf) | RESISTENCIA (Kgf/cm ²) |
|------------|----------------------------|-----------|-------------|--------------|------------------------------------|
| P-02 | 9 | 1336 | 67.09 | 6841.17 | 154.86 |
| P-04 | 9 | 1337 | 86.38 | 8808.17 | 199.38 |
| P-05 | 9 | 1320 | 69.36 | 7072.64 | 160.10 |
| P-06 | 9 | 1357 | 70.98 | 7237.83 | 163.84 |
| P-09 | 9 | 1350 | 75.82 | 7731.37 | 175.01 |
| P-16 | 9 | 1323 | 61.61 | 6282.37 | 142.21 |
| P-19 | 9 | 1356 | 70.37 | 7175.63 | 162.43 |

| | | | | | |
|------|---|------|-------|---------|--------|
| P-23 | 9 | 1317 | 79.05 | 8060.73 | 182.46 |
| P-28 | 9 | 1336 | 66.62 | 6793.24 | 153.77 |
| P-29 | 9 | 1342 | 69.94 | 7131.78 | 161.44 |
| P-32 | 9 | 1315 | 62.94 | 6417.99 | 145.28 |
| P-35 | 9 | 1311 | 65.1 | 6638.25 | 150.26 |
| P-38 | 9 | 1348 | 78.8 | 8035.24 | 181.89 |
| P-60 | 9 | 1372 | 84.64 | 8630.74 | 195.37 |
| P-61 | 9 | 1365 | 75.32 | 7680.38 | 173.85 |
| P-63 | 9 | 1319 | 57.37 | 5850.02 | 132.42 |
| P-69 | 9 | 1305 | 68.65 | 7000.24 | 158.46 |
| P-70 | 9 | 1345 | 68.38 | 6972.71 | 157.83 |
| P-72 | 9 | 1356 | 82.07 | 8368.68 | 189.43 |
| P-79 | 9 | 1338 | 65.68 | 6697.39 | 151.60 |

Fuente: Base de datos, 2020

8. Histograma comparativo de los valores de resistencia por adherencia de las probetas con puente de adherencia con influencia del ácido clorhídrico al 9%

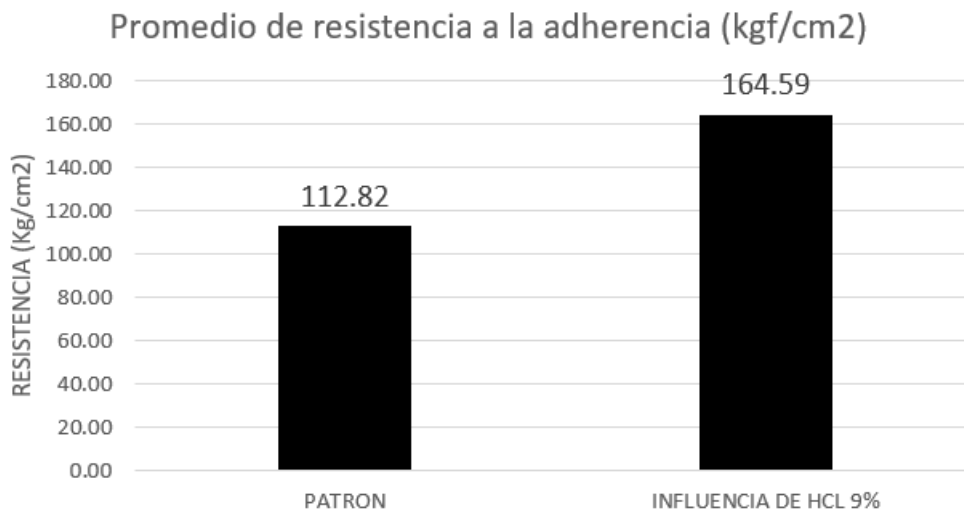
Figura 22: Histograma de resultados de probetas sometidos a resistencia por adherencia con influencia del HCl al 9%.



Fuente: Base de datos, 2020

Promedio de la resistencia por adherencia para un puente de adherencia con influencia de 9% de HCl = 164.59 Kg/cm²

Figura 23: Histograma comparativo de la resistencia por adherencia promedio entre el grupo patrón y el grupo con influencia del HCl al 9%.

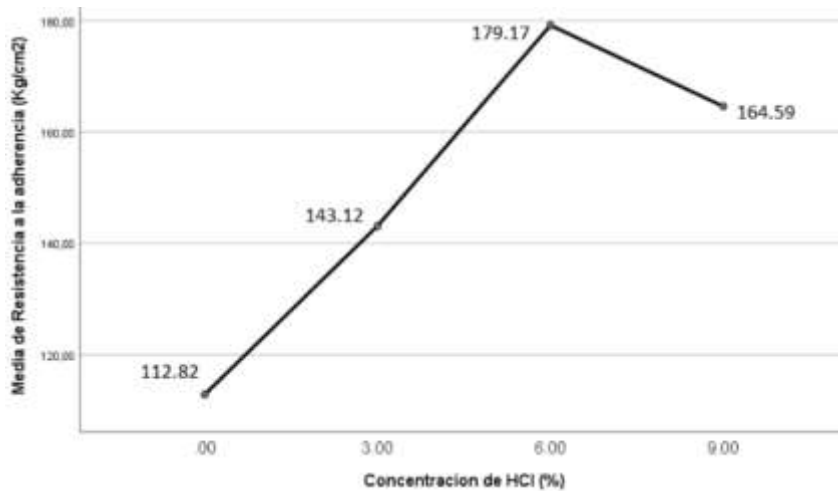


Fuente: Base de datos, 2020

De la figura se puede observar que las probetas patrón tienen una resistencia por adherencia de 112.82 Kg/cm² el cual es mayor al promedio del grupo de briquetas con puente de adherencia influidos con HCl al 9% con una resistencia por adherencia de 164.59 Kg/cm².

Se resume que hay un crecimiento gradual del 45.89% de resistencia por adherencia en comparación con el grupo patrón en la aplicación del ácido clorhídrico lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia pero el aumento ya no es lineal en este caso debido a que empieza a reducir la resistencia por adherencia a partir de este punto.

Figura 24: Comportamiento del mortero en la resistencia por adherencia de acuerdo al aumento de concentración de ácido clorhídrico



Fuente: IBM SPSS Statistics v.26

Del grafico se puede observar que la Resistencia por adherencia aumenta de acuerdo al aumento de concentración de ácido clorhídrico (HCl) hasta el punto de una concentración de 6% de HCl donde se obtiene la mayor resistencia por adherencia asimismo se observa que si la concentración se eleva a 9% la resistencia por adherencia se reduce levemente

4.3. Prueba de Hipotesis:

El estudio de la presente investigación comprende a una estadística paramétrica debido a que las decisiones se basaran en distribuciones conocidas, los cuales se determinaran usando un numero finito de parámetros los cuales son: Ensayo de normalidad o distribución normal, análisis de homogeneidad y la prueba de hipótesis ANOVA y como prueba Post Hoc Prueba de Tukey:

Nuestra muestra son los cilindros compuestos unidos con puente de adherencia sin influencia del ácido clorhídrico y con influencia del ácido clorhídrico.

La utilización del ácido clorhídrico antes de aplicar el puente de adherencia influye positivamente aumentando la resistencia por adherencia en las probetas en la ciudad de Huancayo:

9. Análisis de resultados descriptivos de la resistencia por adherencia en probetas con puente de adherencia

Tabla 21: Síntesis del procesamiento de datos

| Resumen de procesamiento de datos | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|----------|------------|-------|------------|
| CONCENTRACION DE HCl (%) | Casos | | | | | |
| | Válido | | Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| 0,00 | 20 | 80.00% | 5 | 20.00% | 25 | 100,0% |
| 3,00 | 20 | 86.96% | 3 | 13.04% | 23 | 100,0% |
| 6,00 | 20 | 83.33% | 4 | 16.67% | 24 | 100,0% |
| 9,00 | 20 | 90,91% | 2 | 9.09% | 22 | 100,0% |

Fuente: Software SPSS, 2020

Tabla 22: Prueba Estadística de los datos

| Descripción | Media | Varianza | Desv. | Confianza para la media (95%) | | Mínimo | Máximo |
|----------------------------------|--------|----------|-------|-------------------------------|-----------------|--------|--------|
| | | | | Limite Inferior | Limite superior | | |
| Probetas PATRON | 112.82 | 790.374 | 28.11 | 99.66 | 125.98 | 68.30 | 164.34 |
| Probetas con influencia HCl (3%) | 143.12 | 831.075 | 28.83 | 129.63 | 156.61 | 93.34 | 194.21 |
| Probetas con influencia HCl (6%) | 179.17 | 864.52 | 24.40 | 165.41 | 192.93 | 121.69 | 234.56 |
| Probetas con influencia HCl (9%) | 164.59 | 326.36 | 18.06 | 156.14 | 173.05 | 132.42 | 199.38 |

Fuente: Software SPSS, 2020

PRUEBA DE NORMALIDAD

Análisis de la Normalidad de los resultados entre los grupos muestreados:

Tabla 23: Prueba de normalidad de los datos

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------|------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| RESIS | CONC | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| | ,00 | ,103 | 20 | ,200* | ,963 | 20 | ,610 |
| | 3,00 | ,134 | 20 | ,200* | ,961 | 20 | ,561 |
| | 6,00 | ,083 | 20 | ,200* | ,976 | 20 | ,875 |
| | 9,00 | ,167 | 20 | ,147 | ,963 | 20 | ,610 |

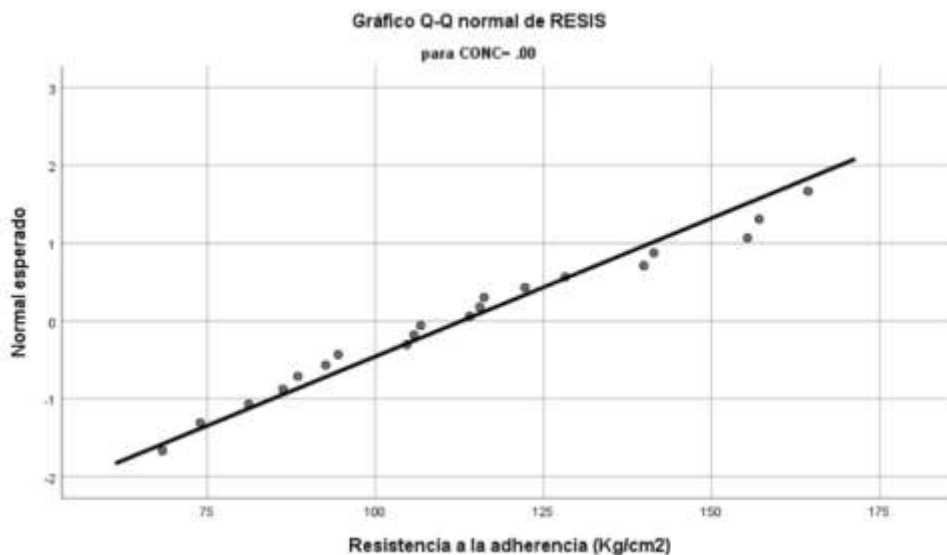
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: Software SPSS, 2020

Del cuadro resultante del software se toma el test de shapiro-wilk donde se puede observar los siguiente:

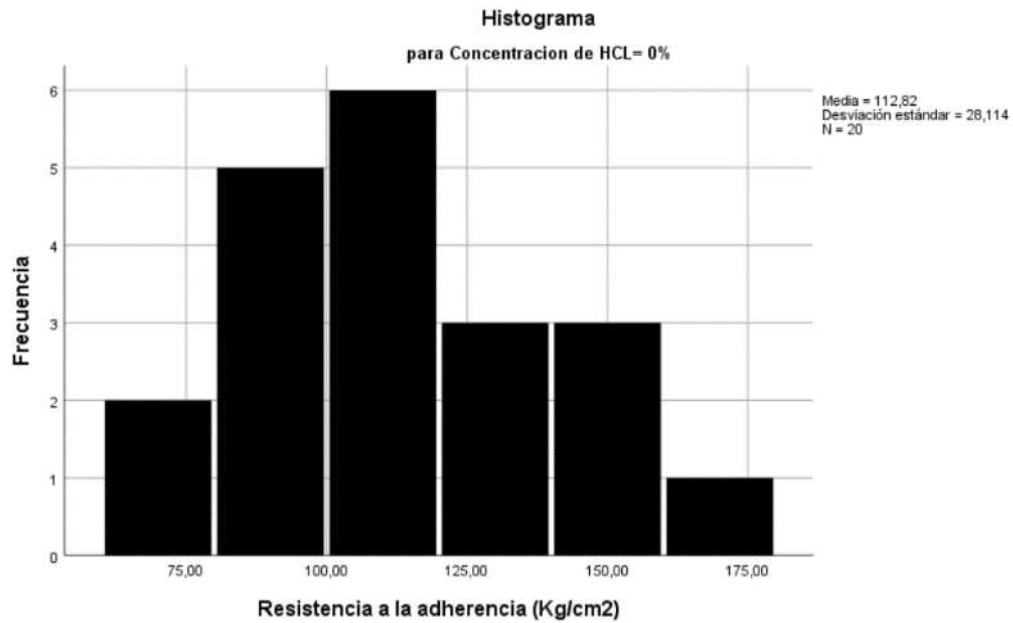
- La concentración 0% de HCl se observan valores que presentan normalidad ya que la significancia (0.610) es mayor a 0.05

Figura 25: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente sin influencia del HCl.



Fuente: Software SPSS, 2020

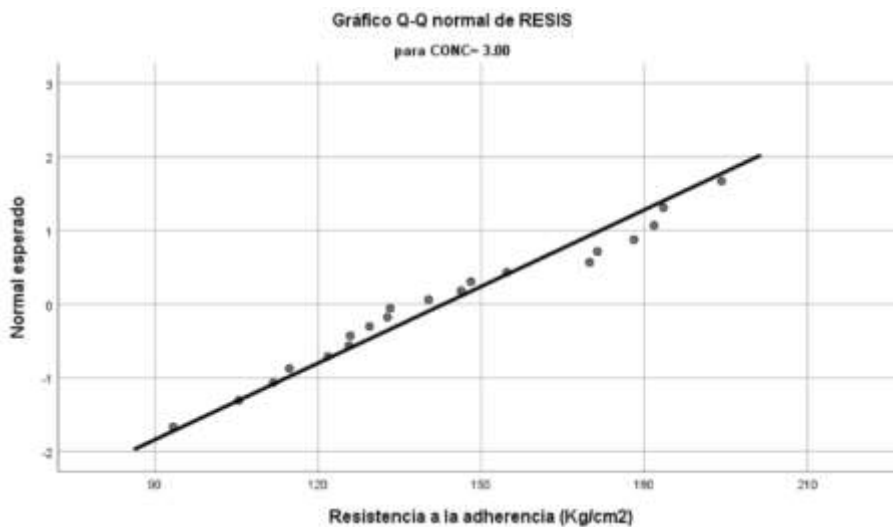
Figura 26: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente sin influencia del HCl



Fuente: Software SPSS, 2020

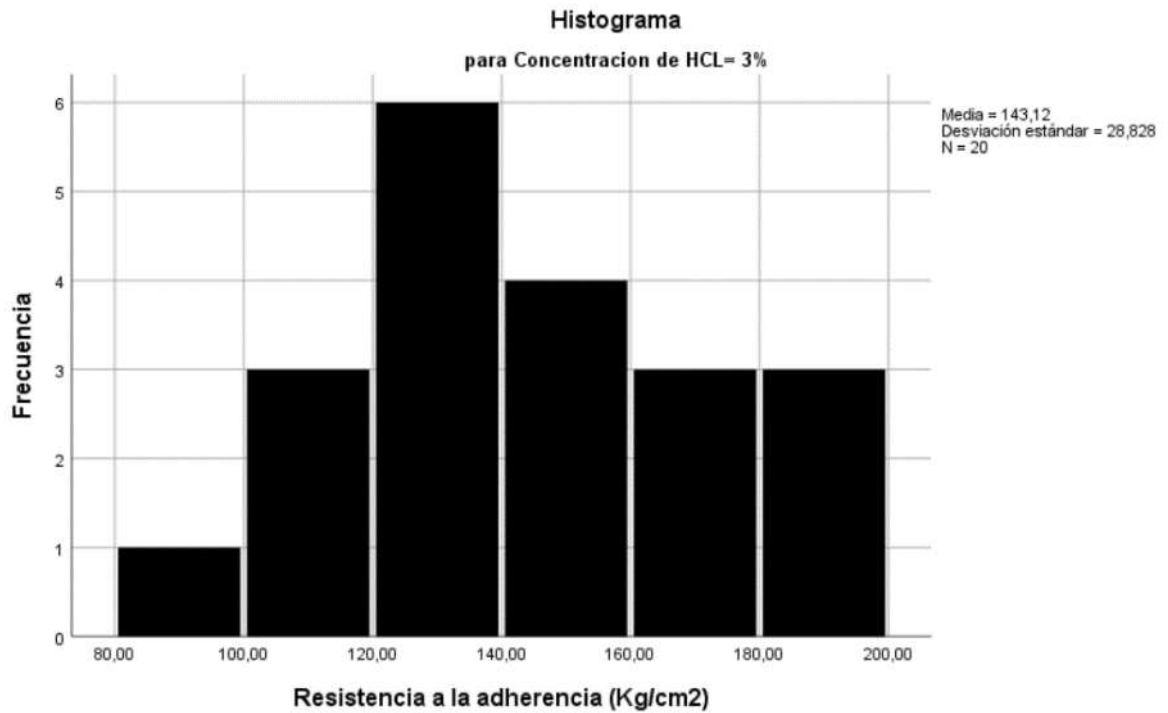
- La concentración 3% de HCl se observan valores que presentan normalidad ya que la significancia (0.561) es mayor a 0.05

Figura 27: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 3%.



Fuente: Software SPSS, 2020

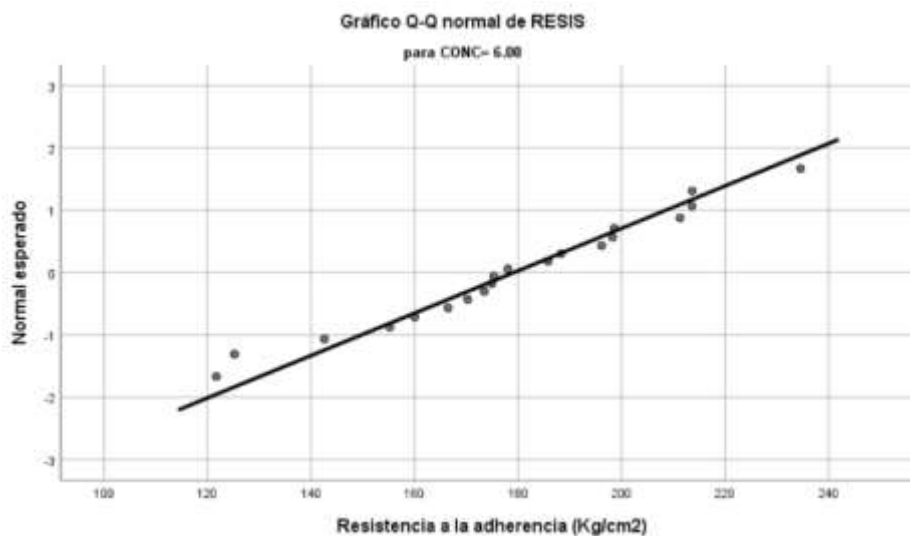
Figura 28: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 3%.



Fuente: Software SPSS, 2020

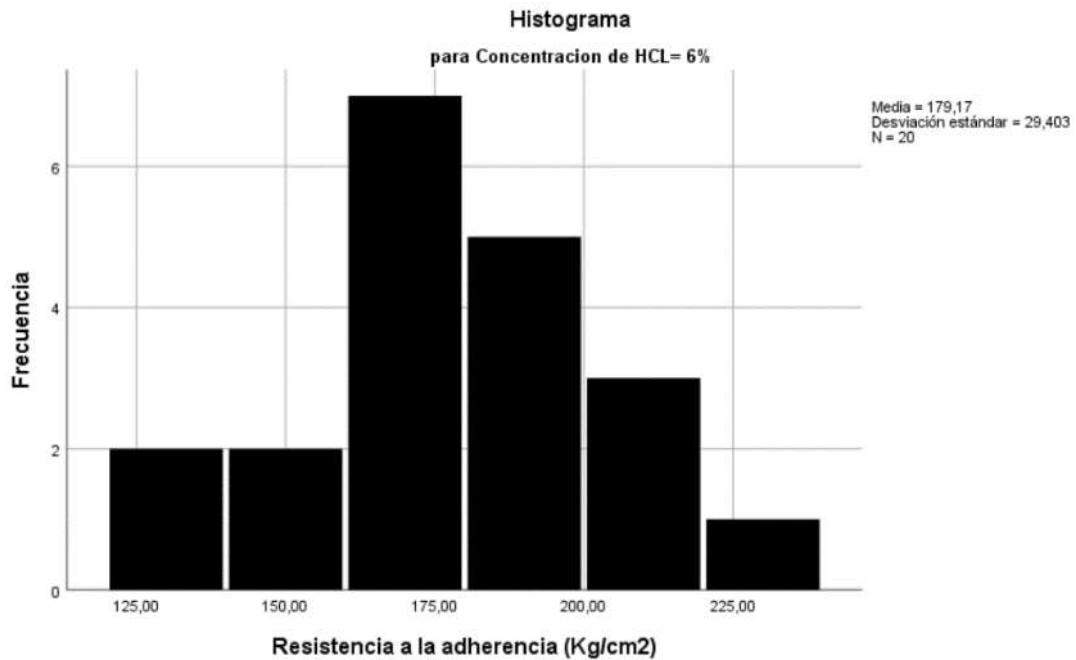
- La concentración 6% de HCl se observan valores que presentan normalidad ya que la significancia (0.875) es mayor a 0.05

Figura 29: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%.



Fuente: Software SPSS, 2020

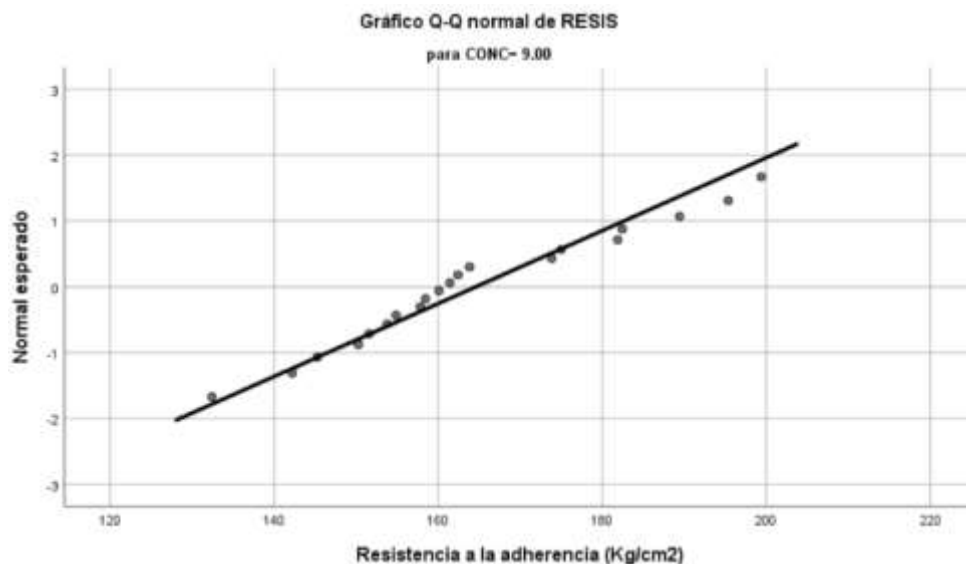
Figura 30: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%.



Fuente: Software SPSS, 2020

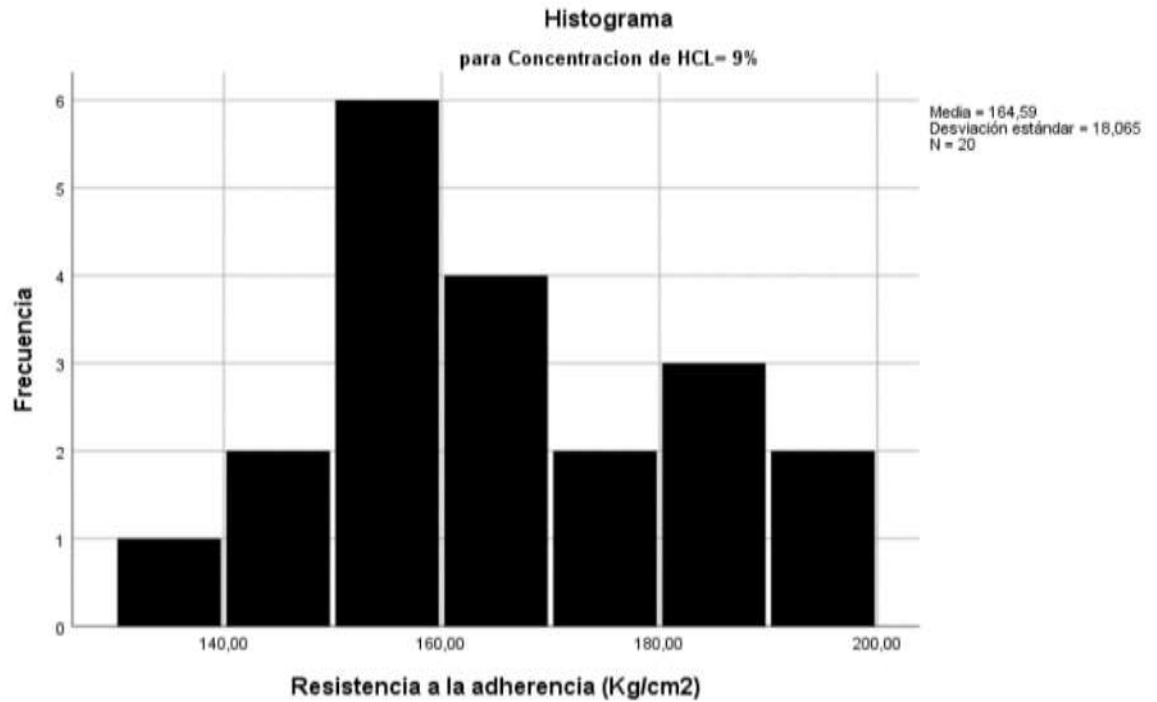
- La concentración 9% de HCl se observan valores que presentan normalidad ya que la significancia (0.610) es mayor a 0.05

Figura 31: Grafico cuantil donde se observa que no existe muchas diferencias entre la distribución de probabilidad del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 9%.



Fuente: Software SPSS, 2020

Figura 32: Histograma de normalidad de los datos del grupo con puente adherente con influencia del HCl al 6%.



Fuente: Software SPSS, 2020

De los grafico mostrados anteriormente se infiere que los cuatro grupos muestreados presentan una distribución normal la cual demuestra la veracidad del comportamiento de este tipo de muestras.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD:

Análisis de la Homogeneidad de los resultados entre los grupos muestreados:

Tabla 24: Prueba de Levene para demostrar homogeneidad de varianzas

| DESCRIPCION | | Estadístico de Levene | Significancia |
|---|---------------------|-----------------------|---------------|
| Resultados de la resistencia por adherencia con puente de adherente | Se basa en la media | 1.673 | 0.180 |

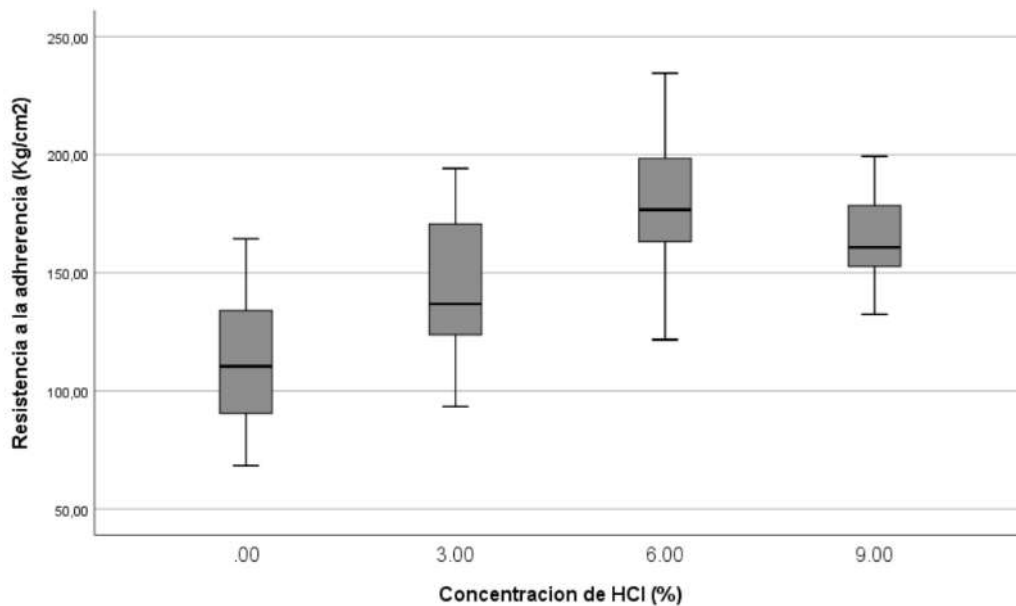
Fuente: Software SPSS, 2020

Tabla 25: Prueba de homogeneidad de varianzas de los datos

| | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-------|---|-----------------------|-----|--------|------|
| RESIS | Se basa en la media | 1,673 | 3 | 76 | ,180 |
| | Se basa en la mediana | 1,651 | 3 | 76 | ,185 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1,651 | 3 | 70,422 | ,185 |
| | Se basa en la media recortada | 1,687 | 3 | 76 | ,177 |

Fuente: Software SPSS, 2020

Figura 33: Diagrama de caja y bigote donde se muestra una considerable diferencia entre los grupos con influencia de HCl al 0%, 3%, 6% y 9%.



Fuente: Software SPSS, 2020

Como se observa si existe homogeneidad de varianzas entre los grupos influidos con ácido clorhídrico asimismo se asevera que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se han producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales de acuerdo a nuestro resultado de nivel de significancia 0.180.

ANALISIS DE VARIANZA:

Prueba estadística de ANOVA

- Hipotesis nula (Ho): No influye el HCl en los grupos evaluados

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; \mu_3; \mu_4$$

- Hipótesis alterna (H1): Influye el HCl en los grupos evaluados

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2; \mu_3; \mu_4$$

Donde:

μ_1 : Probeta unida sin influencia de ácido clorhídrico

μ_2 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 3%

μ_3 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 6%

μ_4 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 9%

Para la prueba de ANOVA, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula Ho.

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H1.

Tabla 26: Prueba estadística de ANOVA

| ANOVA | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| RESIS | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Dentro de grupos | 53434,163 | 76 | 703,081 | | |
| Entre grupos | 49864,119 | 3 | 16621,373 | 23,641 | ,000 |
| Total | 103298,282 | 79 | | | |

Fuente: Software SPSS, 2020

Como el valor de la significancia es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alterna (H₁), lo cual es la siguiente:

Se ha demostrado que si existe influencia entre los valores de resistencia por adherencia del grupo de probetas patrón y el grupo de probetas con influencia de ácido clorhídrico al 3%, 6% y 9%.

PRUEBA POST HOC

Después de realizar la prueba de ANOVA que demuestra que si existe diferencia de varianza entre grupos, seguidamente se hace la prueba de tukey que sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia de los cuatro grupos.

- Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias entre los grupos evaluados

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

- Hipótesis alterna (H1): Existe diferencias entre algunos de los grupos evaluados

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Donde:

μ_1 : Probeta unida sin influencia de ácido clorhídrico

μ_2 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 3%

μ_3 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 6%

μ_4 : Probeta unida con influencia de ácido clorhídrico al 9%

Tabla 27: Cuadro comparativo entre tratamientos según prueba de Tukey

| | μ_1 | μ_2 | μ_3 | μ_4 |
|---------|--|--|--|--|
| μ_1 | - | Ho: $\mu_1 = \mu_2$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_2$ | Ho: $\mu_1 = \mu_3$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_3$ | Ho: $\mu_1 = \mu_4$ H ₁ : $\mu_1 \neq \mu_4$ |
| μ_2 | Ho: $\mu_2 = \mu_1$ H ₁ : $\mu_2 \neq \mu_1$ | - | Ho: $\mu_2 = \mu_3$ H ₁ : $\mu_2 \neq \mu_3$ | Ho: $\mu_2 = \mu_4$ H ₁ : $\mu_2 \neq \mu_4$ |
| μ_3 | Ho: $\mu_3 = \mu_1$ H ₁ : $\mu_3 \neq \mu_1$ | Ho: $\mu_3 = \mu_2$ H ₁ : $\mu_3 \neq \mu_2$ | - | Ho: $\mu_3 = \mu_4$ H ₁ : $\mu_3 \neq \mu_4$ |
| μ_4 | Ho: $\mu_4 = \mu_1$ H ₁ : $\mu_4 \neq \mu_1$ | Ho: $\mu_4 = \mu_2$ H ₁ : $\mu_4 \neq \mu_2$ | Ho: $\mu_4 = \mu_3$ H ₁ : $\mu_4 \neq \mu_3$ | - |

Fuente: Elaboración propia

Para la prueba de TUKEY, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula Ho.

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H1

Tabla 28: Resultado de comparación múltiple de prueba de Tukey por SPSS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente RESIS

| | (I) CONC | (J) CONC | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------|----------|----------|----------------------------|-------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD Tukey | ,00 | 3,00 | -30,29650* | 8,38499 | ,003 | -52,3222 | -8,2708 |
| | | 6,00 | -66,34450* | 8,38499 | ,000 | -88,3702 | -44,3188 |
| | | 9,00 | -51,77200* | 8,38499 | ,000 | -73,7977 | -29,7463 |
| | 3,00 | ,00 | 30,29650* | 8,38499 | ,003 | 8,2708 | 52,3222 |
| | | 6,00 | -36,04800* | 8,38499 | ,000 | -58,0737 | -14,0223 |
| | | 9,00 | -21,47550 | 8,38499 | ,059 | -43,5012 | ,5502 |
| | 6,00 | ,00 | 66,34450* | 8,38499 | ,000 | 44,3188 | 88,3702 |
| | | 3,00 | 36,04800* | 8,38499 | ,000 | 14,0223 | 58,0737 |
| | | 9,00 | 14,57250 | 8,38499 | ,312 | -7,4532 | 36,5982 |
| | 9,00 | ,00 | 51,77200* | 8,38499 | ,000 | 29,7463 | 73,7977 |
| | | 3,00 | 21,47550 | 8,38499 | ,059 | -,5502 | 43,5012 |
| | | 6,00 | -14,57250 | 8,38499 | ,312 | -36,5982 | 7,4532 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS Statistics v.26

Del resultado se interpreta lo siguiente:

Tabla 29: Resumen de resultados de prueba de Tukey

| | μ_1 | μ_2 | μ_3 | μ_4 |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| μ_1 | - | $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ | $H_1: \mu_1 \neq \mu_3$ | $H_1: \mu_1 \neq \mu_4$ |
| μ_2 | $H_1: \mu_2 \neq \mu_1$ | - | $H_1: \mu_2 \neq \mu_3$ | $H_0: \mu_2 = \mu_4$ |
| μ_3 | $H_1: \mu_3 \neq \mu_1$ | $H_1: \mu_3 \neq \mu_2$ | - | $H_0: \mu_3 = \mu_4$ |
| μ_4 | $H_1: \mu_4 \neq \mu_1$ | $H_0: \mu_4 = \mu_2$ | $H_0: \mu_4 = \mu_3$ | - |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de los resultados:

Según los resultados que se obtuvieron de la prueba de hipótesis, la cual se emplea el análisis de varianzas entre grupos, el tratamiento 1 (tratamiento convencional sin HCl) no tiene similitud con ninguno de los grupos lo cual se concluye que el ácido clorhídrico si influye en la resistencia por adherencia, el tratamiento 2 (influencia de HCl al 3%) tiene un poco similitud con el tratamiento 4 (influencia de HCl al 9%) con una significancia de 0.059, el tratamiento 3 (influencia de HCl al 6%) solo tiene medias iguales con el tratamiento 4 y también se observa el tratamiento 4 que son estadísticamente similares con el tratamiento 2 y 3 con una significancia de 0.059 y 0.312 respectivamente.

CAPITULO V

5. DISCUSION DE RESULTADOS:

5.1. Prueba estadística:

Acorde a tabla 26: Prueba estadística de ANOVA, la investigación acepta la hipótesis alterna general que indica que si existe una influencia positiva del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia en la unión entre concretos, de lo cual guarda relación con los resultados que se obtuvieron de la Ficha técnica de Sikadur 32 Gel Sika (2019) donde indica resistencia por adherencia entre concretos de 132.56 Kg/cm² en la presente investigación se obtuvieron los resultados de la figura 21 donde se observa la resistencia por adherencia promedio máximo con influencia de ácido clorhídrico al 6% de 179.17 Kg/cm² que se la cual se deduce que la aplicación de ácido clorhídrico influye positivamente en un incremento de 35.16% en la resistencia por adherencia en comparación de la ficha técnica que indica el fabricante.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación demuestra una varianza de resultados según la prueba Tukey lo cual indica la tabla 29: Resumen de resultados de prueba de Tukey, donde indica que las varianzas de resultados son diferentes donde se infiere que las varianzas entre grupos solo tienen similitud los tratamientos 3 con 4 y los tratamientos 2 con 4, de lo cual se deduce que el tratamiento 1 (unión de concretos sin influencia del HCl) no tiene ninguna similitud con las varianzas de los demás grupos que fueron tratados con acido clorhidrico.

Caracterización de los agregados:

Se analizaron los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización de los agregados, asimismo los resultados del ensayo de adherencia de los cilindros compuestos de patrón y los cilindros compuestos con tratamiento de ácido clorhidrico de 3%, 6% y 9%

Al realizar los ensayos de caracterización del agregado fino se obtiene que estos están dentro de lo aceptable, teniendo como el agregado fino las siguientes

características: Modulo de finura 2.75, contenido de humedad de 3.99%, peso específico 1651.36 Kg/cm³ y una gradación que están dentro de los husos permisibles que dicta la norma por lo cual se le puede llamar arena graduada que es necesario para la elaboración de cemento hidráulico según la norma ASTM C778: Especificación estándar para Arena estándar. Asimismo cabe indicar que no cumple con los requerimientos de forma del grano debido a que la arena no tiene forma redondeada en su totalidad como también en la composición que indica en la norma la cual debe ser que en su totalidad la composición de la arena graduada debe ser de cuarzo natural de lo cual encontramos como investigadores una limitación ya que no se cuenta en la localidad un arena graduada compuesta de cuarzo natural lo cual se optó utilizar una arena de cantera en su mayor parte poco redondeado.

Ensayos de laboratorio

De los resultados de laboratorio en los cilindros compuestos la preparación de la muestra se siguió la normativa ASTM C882, su característica principal de las muestras es que son probetas de mortero con relación a/c=0.65 con diseño de resistencia a la compresión de 204.15 Kg/cm² según la norma ACI 211-91, con dimensiones de 3"x6" que fueron curados por 28 días, del cual en la tabla 16 se observa que el promedio de resistencia a la compresión es 197.85 Kg/cm² resultado que es aceptable conforme a la bibliografía de diseño de morteros ACI 211 (1991) de lo que se concluye que el mortero de es de calidad aceptable.

Resistencia por adherencia con puente de adherencia sin influencia de ácido clorhídrico

De los resultados de resistencia por adherencia como grupo patrón con puente adherente que no tiene influencia del ácido clorhídrico se tiene una muestra de 20 probetas las cuales tienen una resistencia por adherencia entre 68.30 a 164.34 Kg/cm² según se muestra en la figura 16 las cuales en promedio tiene una resistencia de 112.82 Kg/cm² la cual en comparación a la hoja de datos que brinda la empresa Sika sobre el producto es mayor, según la empresa la resistencia por adherencia es 13Mpa = 132.561 Kg/cm² del cual se puede deducir que no es

eficiente la unión entre dos concretos endurecidos, la empresa recomienda la unión de un concreto endurecido con un concreto fresco para obtener mayores resultados, pero por otra parte la norma ASTM C882 no hace diferencias sobre el estado del concreto pero hace la recomendación de unir dos concretos endurecidos y si es de preferencia que hayan sido cortados con hoja de corte.

Estadísticamente se observa que existe normalidad según la prueba de Shapiro wilk en el grupo de resistencia por adherencia con puente adherente sin influencia del HCl (0%) según la tabla 23 donde el resultado obtenido tiene una significancia de 0.610 la cual se deduce que los datos presentan un comportamiento con distribución normal aceptable.

Los grupos muestreados tienen homogeneidad de varianzas entre grupos influidos con ácido clorhídrico los cuales fueron analizados con la prueba de Homogeneidad de Levene de la cual según la tabla 24 indica que el nivel de significancia 0.180 donde se asevera que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se han producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales de acuerdo a nuestro resultado.

Resistencia por adherencia con puente de adherencia con influencia de ácido clorhídrico al 3%

De los resultados del grupo 2 probetas ensayadas por resistencia por adherencia con puente adherente con influencia del ácido clorhídrico al 3% se tiene una muestra de 20 probetas las cuales tienen una resistencia por adherencia entre 93.34 a 194.21 Kg/cm² según se muestra en la figura 18 las cuales en promedio tiene una resistencia de 143.12 Kg/cm² la cual en comparación a la grupo con puente adherente sin influencia del ácido clorhídrico es menor, del cual se deduce que hay un crecimiento gradual del 26.85% de su resistencia del grupo de patrón lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia.

Estadísticamente se observa que existe normalidad según la prueba de Shapiro wilk en el grupo de resistencia por adherencia con puente adherente sin influencia del HCl (0%) según la tabla 23 donde el resultado obtenido tiene una significancia de

0.561 la cual se deduce que los datos presentan un comportamiento con distribución normal aceptable.

Los grupos muestreados tienen homogeneidad de varianzas entre grupos influidos con ácido clorhídrico los cuales fueron analizados con la prueba de Homogeneidad de Levene de la cual según la tabla 24 indica que el nivel de significancia 0.180 donde se asevera que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se han producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales de acuerdo a nuestro resultado.

Resistencia por adherencia con puente de adherencia con influencia de ácido clorhídrico al 6%

De los resultados del grupo 3 probetas ensayadas por resistencia por adherencia con puente adherente con influencia del ácido clorhídrico al 6% de concentración, se tiene una muestra de 20 cilindros compuestos las cuales tienen una resistencia por adherencia entre 121.69 a 234.56 Kg/cm² según se muestra en la figura 20 las cuales en promedio tiene una resistencia de 179.17 Kg/cm² la cual en comparación a la grupo con puente adherente sin influencia del ácido clorhídrico es menor, del cual se deduce que hay un crecimiento gradual del 58.80% de su resistencia del grupo de patrón lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia, asimismo se infiere que la influencia del ácido clorhídrico en concentración de 6% es el máximo nivel para alcanzar la mayor resistencia por adherencia entre concretos, de lo cual se considera la concentración óptima para la aplicación de ácido clorhídrico en las superficies antes de aplicar el puente de adherencia con el fin de que el adhesivo epóxico tenga mayor infiltración en las muestras de concreto.

Estadísticamente se observa que existe normalidad según la prueba de Shapiro wilk en el grupo de resistencia por adherencia con puente adherente sin influencia del HCl (0%) según la tabla 23 donde el resultado obtenido tiene una significancia de 0.875 la cual se deduce que los datos presentan un comportamiento con distribución normal aceptable.

Los grupos muestreados tienen homogeneidad de varianzas entre grupos influidos con ácido clorhídrico los cuales fueron analizados con la prueba de Homogeneidad de Levene de la cual según la tabla 24 indica que el nivel de significancia 0.180 donde se asevera que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se han producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales de acuerdo a nuestro resultado.

Resistencia por adherencia con puente de adherencia con influencia de ácido clorhídrico al 9%

De los resultados del grupo 4 probetas ensayadas por resistencia por adherencia con puente adherente con influencia del ácido clorhídrico al 9% de concentración, se tiene una muestra de 20 cilindros compuestos las cuales tienen una resistencia por adherencia entre 132.42 a 199.38 Kg/cm² según se muestra en la figura 22 las cuales en promedio tiene una resistencia de 164.59 Kg/cm² la cual en comparación a la grupo con puente adherente sin influencia del ácido clorhídrico es menor, del cual se deduce que hay crecimiento del 45.89% de su resistencia del grupo de patrón lo cual es indicador de que la aplicación del HCl si aumenta la resistencia por adherencia, asimismo se infiere que a partir de la concentración de HCl al 6% a mas, la resistencia por adherencia se empieza a reducir gradualmente.

Estadísticamente se observa que existe normalidad según la prueba de Shapiro wilk en el grupo de resistencia por adherencia con puente adherente sin influencia del HCl (0%) según la tabla 23 donde el resultado obtenido tiene una significancia de 0.610 la cual se deduce que los datos presentan un comportamiento con distribución normal aceptable.

Los grupos muestreados tienen homogeneidad de varianzas entre grupos influidos con ácido clorhídrico los cuales fueron analizados con la prueba de Homogeneidad de Levene de la cual según la tabla 24 indica que el nivel de significancia 0.180 donde se asevera que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se han producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales de acuerdo a nuestro resultado.

CONCLUSION

1. Se concluye que el uso de ácido clorhídrico en concentración de 6% en la unión de concretos mejora la resistencia por adherencia de 179.17 Kg/cm² en promedio lo cual representa una mejora en un 35.16% de la que especifica el fabricante.
2. Utilizando el ácido clorhídrico en una concentración de 3% produce una resistencia por adherencia de 143.12 Kg/cm² en promedio del cual se observa que el HCl en poca concentración ataca levemente a los componentes silicatos lo cual provoca poca porosidad en la superficie del cual mejora en un 26.85% aplicando HCl en una concentración de 3% comparando el grupo patrón.
3. Utilizando el ácido clorhídrico en una concentración de 6% produce una resistencia por adherencia de 179.17 Kg/cm² en promedio como resistencia por adherencia máxima que se pudo obtener en la presente investigación del cual se concluye que se mejora la resistencia por adherencia entre concretos unidos con adhesivo epóxico en un 58.80% aplicando HCl en una concentración de 6% comparando el grupo patrón.
4. Utilizando el ácido clorhídrico en una concentración de 9% produce una resistencia por adherencia de 164.59 Kg/cm² en promedio del cual se observa que la resistencia por adherencia comienza a reducir del cual se concluye que se mejora levemente la resistencia por adherencia entre concretos unidos con adhesivo epóxico en un 45.89% aplicando HCl en una concentración de 9% comparando el grupo patrón.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de la presente tesis como referencias para estudios futuros sobre la utilización de puentes de adherencia a base de resinas epóxicas dando cumplimiento a las normas ASTM C882 en donde fueron influidos por ácido clorhídrico en los puentes de adherencia.
2. Para el corte de las probetas que indica la norma ASTM C882 se recomienda utilizar un disco de corte diamantado en una sierra circular de 9" para poder respetar el espaciamiento mínimo y el ángulo de corte.
3. Se debe tener especial cuidado en el corto tiempo de fraguado del adhesivo epóxico Sikadur 32 debido a que su aplicación en la abertura de unión de las probetas es angosta, asimismo se debe tener especial cuidado en el momento de fraguado que es 25 minutos ya que como consecuencia produce una reacción química que genera calor que podría causar quemaduras.
4. Para la aplicación del adhesivo epóxico Sikadur 32 se recomienda aplicar en cantidades controladas y graduadas ya que esto provoca menos calor en la reacción química y tarda en fraguar.
5. Para la aplicación de la resina epóxica que tiene una consistencia líquida se debe utilizar una cinta multiusos para ductos, también se recomienda dar golpes suaves para que el adhesivo escurra por toda la abertura de la unión.
6. Se recomienda como medida de seguridad utilizar guantes de latex, uso de mascarilla para evitar irritación en los ojos y aparato respiratorio debido a que la resina Sikadur 32 Gel al momento de unir los componentes produce una reacción química que emite gases tóxicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Abanto Castillo, Flavio (1996)**, *Tecnología del Concreto*. Perú
- **Barbhuiya S. & Kumala D. (2017)**, *Behaviour of a sustainable concrete in acidic environment*, Curtin University, Australia
- **Benites Bacilio P. (2018)**, “*Influencia de los aditivos sika wt-100, sika 1 líquido y sika 1 en polvo en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto*”, Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- **Boltrik Michael et al (2009)**, *Properties of recycled aggregate concretes modified by asphalt paste – EE.UU.*
- **Gustavo Adolfo A. O. (2007)**, “*Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, con dos tipos de epóxicos*”, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- **George Box et al (2008)**. *Estadística para investigadores*
- **Hernández Sampieri, Roberto. Fernández Collado, Carlos. Baptista Lucio, Pilar (2014)**, *Metodología de la Investigación. Sexta Edición*. México.
- **Huashang Y. & Faguang L. (2018)**, *Calcium leaching behavior of cementitious materials in hydrochloric acid solution*, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-27255-x>
- **Huayta Torres Y. & Mamani Callapiña E. (2018)** “*Análisis de la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo*”, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- **Kosmatka S. et al. (2004)**. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*
- **Madhusudhana R. & Sudarsana R. (2012)**, *Effect of Hydrochloric Acid (HCl) on Blended Cement (Fly Ash based) and Silica Fume Blended Cement and their Concretes*, University JNTUA Civil Engg. Dept., India
- **Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006)**, *Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*. Lima, Perú.

- **Paredes Lopez, C. S., & Reyes Cossio, C. E. (2015)**, *“Influencia del uso de adhesivo epóxico COLFAMIX como puente adherente en vigas de concreto armado sujetas a flexión para la recuperación de su monolitismo”*, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- **Pasquel Carbajal, Enrique (1993)**, *Tópicos de Tecnología del Concreto. Colección del Ingeniero Civil. Lima, Perú.*
- **Rauchle F. & Diaz Tang I. (1999)**, *La rehabilitación de estructuras de concreto armado, Instituto de corrosión y protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Peru.*
- **RB Conspro, (2019)**, *Productos químicos para la construcción, Guatemala, <http://www.rbconspro.com>*
- **Rivva López E. (2007)**, *Diseño de Mezclas. Perú.*
- **Román Reyes F. M. (2005)**, *“Evaluación sobre adherencia entre mortero fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos”*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- **Sanz Benito R. (2010)**, *“Uniones soldadas y adhesivas – Materiales compuestos termoplásticos, Madrid, España.*

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

| Influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| Problema | Objetivos | Marco teórico | Hipótesis | Variables y dimensiones | Metodología |
| <p>Problema general: ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico?</p> | <p>Objetivo general: Determinar que el ácido clorhídrico mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.</p> | <p>1. Antecedentes: A nivel Nacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Huayta Torres Y. & Mamani Callapiña E. (2018) "Análisis de la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo", Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. - Paredes Lopez, C., & Reyes Cossio, C. E. (2015). Influencia del uso de adhesivo epóxico COLFAMIX como puente adherente en vigas de concreto armado sujetas a flexión para la recuperación de su monolitismo, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. | <p>Hipótesis general: La aplicación del ácido clorhídrico mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico.</p> | <p>Variable Independiente: - "Ácido Clorhídrico"</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensión 1: Ataque de ácidos - Dimensión 2: Porosidad - Dimensión 3: Concentración de HCl | <p>Tipo: Cuantitativa Nivel: Explicativo Diseño: Experimental</p> <p>G 01 X 02 03 04 G: Muestra de estudio X: Estimulo</p> |
| <p>Problemas específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en concentración al 3% en la resistencia por adherencia en la unión de concretos con adhesivo epóxico? 2. ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en concentración al 6% en la resistencia por adherencia en la unión de concretos con adhesivo epóxico? 3. ¿Cuál es la influencia del ácido clorhídrico en concentración al 9% en la resistencia por adherencia en la unión de concretos con adhesivo epóxico? | <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 3% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. 2. Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 6% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. 3. Determinar que el ácido clorhídrico en una concentración al 9% mejora en la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. | <ul style="list-style-type: none"> - "Calcium leaching behavior of cementitious materials in hydrochloric acid solution" – "Comportamiento de lixiviación de calcio de materiales cementosos en solución de ácido clorhídrico realizada en Universidad de Guizhou–China. - Gustavo Archila O. (2007), "Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, con dos tipos de epóxicos", Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <p>2. Marco teórico referencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia por adherencia - Adhesivo epóxico - Ataque de HCl - Porosidad | <p>Hipótesis específicas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 3% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. 2. La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 6% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. 3. La aplicación del ácido clorhídrico en concentración al 9% mejora la resistencia por adherencia entre concretos con adhesivo epóxico. | <p>Variable dependiente: - "Resistencia por Adherencia"</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensión 1: Puente de adherencia - Dimensión 2: Adhesivo epóxico - Dimensión 3: Resistencia a la compresión | <p>Población y muestra: Población: Briquetas de concreto Muestra: Briquetas de concreto Técnicas e instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis documental - Ensayos normalizados - Ficha de observación <p>Técnicas de procesamiento de datos: Procesamiento manual y mecánico -IBM SPSS Statistics 26 -Microsoft Excel 2016</p> |

PANEL FOTOGRAFICO

La elaboración de los especímenes de mortero se elaboró en el laboratorio QA&QC ubicado en la Av. Leoncio Prado 340 - Pilcomayo



Figura: Medición de las proporciones para un mortero de relación a/c=65.



Figura: Briqueta hecho a base de acero de 0.9mm x 3" y una base de resina acrílica unido con silicona, la dimensión de la briqueta es de 3"x6".



Figura: En la imagen superior se encuentra la mezcladora, ya que no se cuenta en la región una mezcladora de 3 velocidades para un volumen de 0.5 m^3 por lo que se optó en utilizar la mezcladora tipo trompito.



Figura: Mezclado y veceado del mortero hacia las briquetas, cumpliendo con estándares de vaceado de concreto.



Figura: Después de 24 horas del vaciado del mortero, se procede a desencontrar las probetas.



Figura: Después de desencontrar las probetas se procede a enumerar los especímenes.



Figura: Inmediatamente se procede a curar por 28 días las probetas de concreto en un ambiente controlado y a una temperatura de 23°.

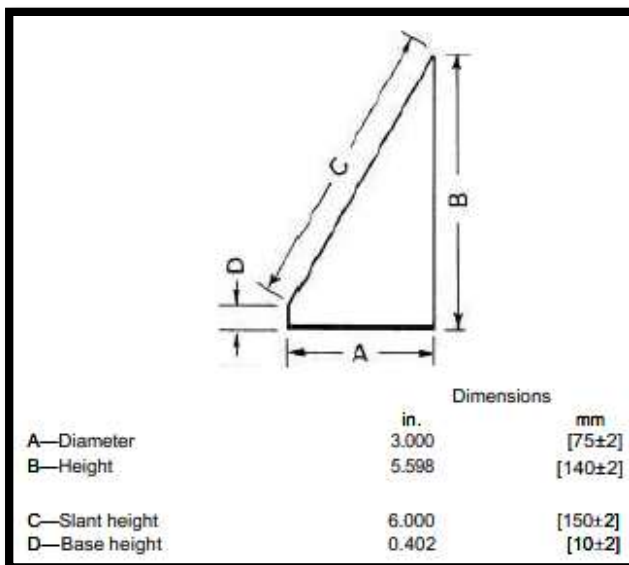


Figura: Después de los 28 días se retiran las probetas y se procede a cortar de acuerdo a las dimensiones especificadas en la norma con una hoja de sierra para concreto.



Figura: Se debe tener especial cuidado en el corte de las probetas ya que una mala posición del ángulo de corte arruinaría las probetas.



Figura: Una vez cortados las probetas de mortero se procede a aplicar el ácido clorhídrico en tres envases, cada uno de acuerdo a una concentración de 3%, 6% y 9%.



Figura: Para la aplicación del ácido clorhídrico se utilizaron brochas y mascarilla debido a que la aplicación del ácido sulfúrico produce irritación, la aplicación del ácido sulfúrico fue de 3 pasadas cada 15 minutos para después enjuagarlos con abundante agua.



Figura: Después de un día se aplica la resina epoxica sikadur 32 para formar un puente de adherencia entre los morteros.



Figura: Después de 10 días de secado la resina epoxica se encuentra en su máximo punto de resistencia por adherencia.



Figura: se toman las medidas y se pesa las probetas a ensayar por compresión.





Figura: En casos de derramamiento de la resina se lima para que puedan contener las dimensiones especificadas.



Figura: Se somete a compresión las probetas para calcular la resistencia por adherencia.



Figura: Tipos de falla en una mala aplicación de la resina epoxica ya que la resina no impregno en el total de la superficie de contacto.



Figura: En la imagen se muestra una falla por compresión, indicador de que la resina fue bien aplicada y mejora la resistencia por adherencia.

CERTIFICADOS

ROTURA DE PROBETAS (NTP 339.034)

CERTIFICADO N° : 112020- RDP – AH - 01
CLIENTE : ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIPE
PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
FECHA DE EMISIÓN: 17/11/2020

TITULO: MORTERO (CONCRETO HIDRAULICO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la adherencia, en muestras cilíndricas compuestas.

| F'c | DIMENSIONES DE LA MUESTRA | | PORCENTAJE DE ACIDO CLORHIDRICO | RELACION A/C |
|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------------|
| | DIÁMETRO (Pulg.) | ALTURA (Pulg.) | | |
| 204.15 Kg/cm ² | 3" | 6" | 0 % | 0.65 |

| EDAD (días) | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ROTURA | ESFUERZO COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²) | PESO (Kg) | PORCENTAJE DE RESISTENCIA (%) |
|-------------|------------------------------|-------------------|-----------------|---|-----------|-------------------------------|
| 28 | P-14 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 116.17 | 1.349 | 56.9 |
| | P-18 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 68.30 | 1.322 | 33.5 |
| | P-22 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 86.23 | 1.292 | 42.2 |
| | P-31 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 114.00 | 1.283 | 55.8 |
| 28 | P-34 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 88.45 | 1.321 | 43.3 |
| | P-37 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 115.52 | 1.324 | 56.6 |
| | P-39 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 157.07 | 1.324 | 76.9 |
| | P-40 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 81.13 | 1.338 | 39.7 |
| 28 | P-42 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 122.24 | 1.344 | 59.9 |
| | P-44 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 106.73 | 1.338 | 52.3 |
| | P-52 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 128.22 | 1.393 | 62.8 |
| | P-55 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 105.71 | 1.342 | 51.8 |
| 28 | P-56 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 139.92 | 1.363 | 68.5 |
| | P-57 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 155.34 | 1.330 | 76.1 |
| | P-66 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 92.60 | 1.355 | 45.4 |
| | P-67 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 94.45 | 1.312 | 46.3 |
| 28 | P-68 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 73.93 | 1.366 | 36.2 |
| | P-74 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 104.67 | 1.314 | 51.3 |
| | P-77 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 164.34 | 1.320 | 80.5 |
| | P-78 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 141.40 | 1.345 | 69.3 |

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP: 004:1993).

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS (NTP 339.034)

CERTIFICADO N° : 112020- RDP – AH - 02
CLIENTE : ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIFE
PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
FECHA DE EMISIÓN: 17/11/2020

TITULO: MORTERO (CONCRETO HIDRAULICO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la adherencia, en muestras cilíndricas compuestas.

| F'c | DIMENSIONES DE LA MUESTRA | | PORCENTAJE DE ACIDO CLORHIDRICO | RELACION A/C |
|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------------|
| | DIÁMETRO (Pulg.) | ALTURA (Pulg.) | | |
| 204.15 Kg/cm ² | 3" | 6" | 3 % | 0.65 |

| EDAD (días) | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ROTURA | ESFUERZO COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²) | PESO (Kg) | PORCENTAJE DE RESISTENCIA (%) |
|-------------|------------------------------|-------------------|-----------------|---|-----------|-------------------------------|
| 28 | P-01 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 148.09 | 1.328 | 72.5 |
| | P-10 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 154.69 | 1.424 | 75.8 |
| | P-11 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 181.79 | 1.384 | 89.0 |
| | P-13 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 93.34 | 1.353 | 45.7 |
| 28 | P-15 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 114.71 | 1.340 | 56.2 |
| | P-17 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 194.21 | 1.344 | 95.1 |
| | P-24 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 125.91 | 1.328 | 61.7 |
| | P-27 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 129.46 | 1.336 | 63.4 |
| 28 | P-33 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 183.52 | 1.350 | 89.9 |
| | P-36 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 132.74 | 1.312 | 65.0 |
| | P-45 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 105.41 | 1.226 | 51.6 |
| | P-47 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 140.31 | 1.308 | 68.7 |
| 28 | P-49 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 121.80 | 1.323 | 59.7 |
| | P-50 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 133.25 | 1.346 | 65.3 |
| | P-58 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 111.76 | 1.370 | 54.7 |
| | P-64 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 178.07 | 1.428 | 87.2 |
| 28 | P-65 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 146.29 | 1.377 | 71.7 |
| | P-71 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 125.65 | 1.356 | 61.5 |
| | P-73 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 171.38 | 1.402 | 83.9 |
| | P-76 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 169.92 | 1.316 | 83.2 |

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP: 004:1993).

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS (NTP 339.034)

CERTIFICADO N° : 112020- RDP – AH - 03
CLIENTE : ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIBE
PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

FECHA DE EMISIÓN: 17/11/2020

TITULO: MORTERO (CONCRETO HIDRAULICO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la adherencia, en muestras cilindricas compuestas.

| F'c | DIMENSIONES DE LA MUESTRA | | PORCENTAJE DE ACIDO CLORHIDRICO | RELACION A/C |
|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------------|
| | DIÁMETRO (Pulg.) | ALTURA (Pulg.) | | |
| 204.15 Kg/cm ² | 3" | 6" | 6 % | 0.65 |

| EDAD (días) | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ROTURA | ESFUERZO COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²) | PESO (Kg) | PORCENTAJE DE RESISTENCIA (%) |
|-------------|------------------------------|-------------------|-----------------|---|-----------|-------------------------------|
| 28 | P-03 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 234.55 | 1.380 | 114.9 |
| | P-07 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 198.27 | 1.403 | 97.1 |
| | P-08 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 211.29 | 1.364 | 103.5 |
| | P-12 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 198.54 | 1.352 | 97.3 |
| 28 | P-20 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 185.80 | 1.336 | 91.0 |
| | P-21 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 213.62 | 1.362 | 104.6 |
| | P-25 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 196.12 | 1.363 | 96.1 |
| | P-26 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 175.30 | 1.357 | 85.9 |
| 28 | P-30 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 213.57 | 1.368 | 104.6 |
| | P-41 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 170.25 | 1.339 | 83.4 |
| | P-43 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 125.22 | 1.319 | 61.3 |
| | P-46 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 155.22 | 1.333 | 76.0 |
| 28 | P-48 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 178.05 | 1.344 | 87.2 |
| | P-51 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 121.68 | 1.365 | 59.6 |
| | P-53 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 188.30 | 1.322 | 92.2 |
| | P-54 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 173.46 | 1.345 | 85.0 |
| 28 | P-59 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 166.46 | 1.357 | 81.5 |
| | P-62 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 160.05 | 1.331 | 78.4 |
| | P-75 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 142.57 | 1.364 | 69.8 |
| | P-80 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 174.91 | 1.345 | 85.7 |

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP: 004:1993).

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com

ROTURA DE PROBETAS (NTP 339.034)

CERTIFICADO N° : 112020- RDP – AH - 04
CLIENTE : ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIBE
PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

FECHA DE EMISIÓN: 17/11/2020

TITULO: MORTERO (CONCRETO HIDRAULICO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la adherencia, en muestras cilíndricas compuestas.

| F'c | DIMENSIONES DE LA MUESTRA | | PORCENTAJE DE ACIDO CLORHIDRICO | RELACION A/C |
|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------------|
| | DIÁMETRO (Pulg.) | ALTURA (Pulg.) | | |
| 204.15 Kg/cm ² | 3" | 6" | 9 % | 0.65 |

| EDAD (días) | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ROTURA | ESFUERZO COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²) | PESO (Kg) | PORCENTAJE DE RESISTENCIA (%) |
|-------------|------------------------------|-------------------|-----------------|---|-----------|-------------------------------|
| 28 | P-02 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 154.85 | 1.336 | 75.9 |
| | P-04 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 199.38 | 1.337 | 97.7 |
| | P-05 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 160.09 | 1.320 | 78.4 |
| | P-06 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 163.83 | 1.357 | 80.3 |
| 28 | P-09 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 175.00 | 1.350 | 85.7 |
| | P-16 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 142.20 | 1.323 | 69.7 |
| | P-19 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 162.42 | 1.356 | 79.6 |
| | P-23 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 182.46 | 1.317 | 89.4 |
| 28 | P-28 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 153.77 | 1.336 | 75.3 |
| | P-29 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 161.43 | 1.342 | 79.1 |
| | P-32 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 145.27 | 1.315 | 71.2 |
| | P-35 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 150.26 | 1.311 | 73.6 |
| 28 | P-38 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 181.88 | 1.348 | 89.1 |
| | P-60 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 195.36 | 1.372 | 95.7 |
| | P-61 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 173.85 | 1.365 | 85.2 |
| | P-63 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 132.42 | 1.319 | 64.9 |
| 28 | P-69 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 158.45 | 1.305 | 77.6 |
| | P-70 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 157.83 | 1.345 | 77.3 |
| | P-72 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 189.43 | 1.356 | 92.8 |
| | P-79 | 13/10/2020 | 10/11/2020 | 151.60 | 1.338 | 74.3 |

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP: 004:1993).

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com



QA/QC CONSTRUCCIÓN S.A.C.



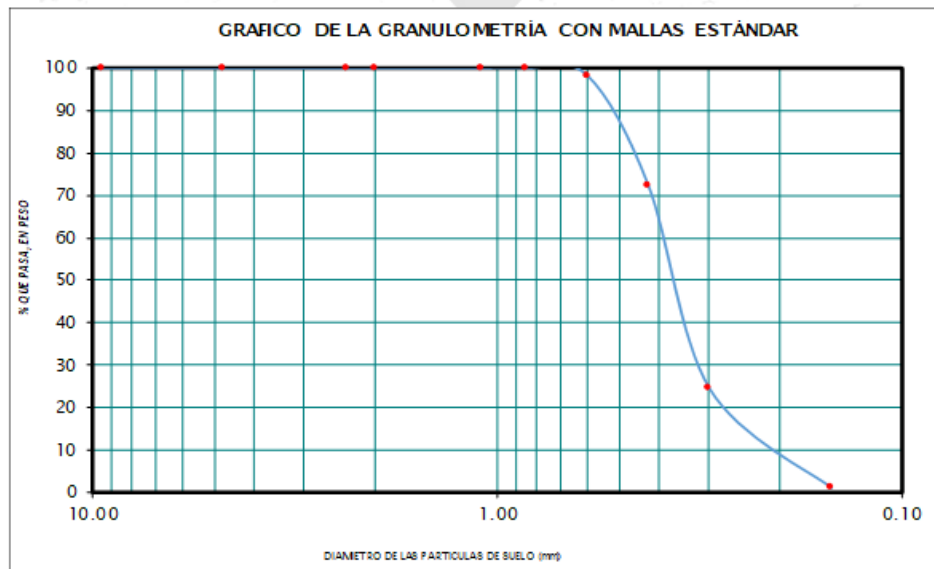
CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS
(ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.012)

MUESTRA : AGREGADO FINO
 PROCEDENCIA : RÍO MANTARO- PILCOMAYO
 EXPEDIENTE : 102020- CA – AH - 01
 CLIENTE : ALCIDES EDUARDO HUAMANLAZO TAIPE
 PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO EN LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
 FECHA DE ENSAYO: 10/10/2020
 FECHA DE EMISION: 17/10/2020

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012):

| TAMIZ N° | DIÁMETRO (mm) | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | TAMAÑO MÁXIMO |
|----------|---------------|---------------|--------------------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | SUELO ARENOSO CON Poca HUMEDAD |
| N° 4 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | APARENTE Y DE COLOR GRIS: |
| N° 8 | 2.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | LIMITES DE CONSISTENCIA |
| N° 10 | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | LIMITE LIQUIDO = 0.0 % |
| N° 16 | 1.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | LIMITE PLÁSTICO = N.P. |
| N° 20 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. |
| N° 30 | 0.6 | 15.50 | 1.81 | 1.81 | 98.19 | COEFICIENTE DE CURVATURA = N.P. |
| N° 40 | 0.425 | 220.80 | 25.76 | 27.57 | 72.43 | COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = N.P. |
| N° 50 | 0.3 | 410.50 | 47.89 | 75.45 | 24.55 | CLASIFICACIÓN |
| N° 100 | 0.15 | 200.20 | 23.36 | 98.81 | 1.19 | ARENA POBREMENTE GRADADA |
| FONDO | | 10.20 | 1.19 | 100.00 | 0.00 | OBSERVACIONES |
| TOTAL | | 857.20 | 100 | | | Humedad Natural = 3.99% |
| | | | | | | Pasa Tamiz N° 100 = 1.74% |

2. CURVA GRANULOMETRICA:



EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP: 004:1993).

Av. Leoncio Prado N° 340 Pilcomayo - Huancayo cel. RPM 920137591 RPC 979702825
 e-mail: areaqaqcexpress@gmail.com



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

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

Sikadur®-32 Gel debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

- 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 tracción

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple la norma ASTM C-881 Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete. Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud Pública de Chile.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

| | |
|--------------------------------------|---|
| Empaques | Juego de 1 kg. Juego de 5 kg. |
| Color | Líquido denso color gris (Mezcla A+B) |
| Vida Útil | 2 años |
| Condiciones de Almacenamiento | El producto puede ser almacenado 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. |
| Densidad | 1,6 kg/dm ³ |

INFORMACIÓN TÉCNICA

| | | | |
|------------------------------------|---------|--------|--------------|
| Resistencia a la Compresión | 1 Día | 75 MPa | (ASTM D 695) |
| | 10 Días | 90 MPa | |
| Resistencia a Flexión | 10 Días | 34 MPa | (ASTM C580) |

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-32 Gel
Abril 2019, Versión 01.01
020204030010000135

| | | |
|-----------------------------|------------|--------------|
| Resistencia a la Tensión | 14.050 kgf | |
| Resistencia a la Adherencia | > 13 MPa | (ASTM C 882) |

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

| | |
|-------------------------|---|
| Proporción de la Mezcla | A : B = 2 : 1 (en peso) |
| Consumo | El consumo aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m ² , dependiendo de la rugosidad y temperatura de la superficie. |
| Duración de la Mezcla | 25 minutos |

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

CONCRETO

Al momento de aplicar Sikadur®-32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas. La superficie de concreto debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente la lechada superficial. Esta operación se puede realizar con chorro de agua y arena, escobilla de acero, y otros métodos. La superficie a unir debe quedar rugosa.

Metales

Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físicos químicos.

MEZCLADO

Mezclar totalmente las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones (máx. 600 r.p.m.) durante 3-5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar el aire atrapado. En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se pueden subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

La colocación de Sikadur®-32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada. En superficies húmedas asegurar la aplicación restregando con la brocha. El concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur®-32 Gel. En todo caso el producto debe encontrarse fresco al vaciar la mezcla sobre él.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-32 Gel
Abril 2019, Versión 01.01
020204030010000135

3 / 3

Sikadur-32Gel-es-PE-(04-2019)-1-1.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA





Método de prueba estándar para la resistencia de adherencia de los sistemas de resina epoxi utilizados con hormigón By Slant Shear¹

Esta norma se emite con la designación fija C 882; el número inmediatamente posterior a la designación indica el año de la adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Un epsilon (ε) superíndice indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Alcance

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la fuerza de unión de los sistemas de unión de resina epoxi-base para uso con concreto de cemento portland. Este método de prueba cubre la unión de concreto endurecido a concreto endurecido o recientemente mezclado.

1.2 Los valores indicados en unidades de pulgada-libra o unidades SI se deben considerar por separado como estándar. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema no son equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se usará independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede dar como resultado la no conformidad con este método de prueba.

1.3 Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas de seguridad y salud apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso. Se proporciona una declaración de peligro específica en la Sección 8.

2. Documentos referenciados

2.1 ASTM Standards:

- C 39 Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens²
- C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)³
- C 150 Specification for Portland Cement³
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Specimens in the Laboratory²
- C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 881 Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete²

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates, and is the direct responsibility of Subcommittee C09.25 on Organic Materials for Bonding.

Current edition approved Feb. 10, 1999. Published May 1999. Originally published as C 882 – 78. Last previous edition C 882 – 91.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.
³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

3. Terminología

- 3.1 Ver la Sección de Terminología de la Especificación C 881.

4. Resumen del método de prueba

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

5. Significado y uso

- 5.1 La fuerza desarrollada por un sistema de unión que une dos regiones de concreto es su propiedad más importante.

6. Aparatos

- 6.1 *Aparato para mezclar el mortero Portland-Cemento: este aparato debe ser como se describe en el Método de prueba C 109 / C 109M, a excepción de las secciones sobre moldes de especímenes, sabotaje y máquina de prueba.*
- 6.2 *Moldes de muestras: los moldes se construirán en forma de cilindros derechos, 3 ± 1/16 in. [75 ± 2 mm] en diámetro interior y 6 ± 1/16 in. [150 ± 2 mm] alto. Todos los moldes deben seleccionarse o mecanizarse de manera que el rango máximo de las diferencias en cada una de las dimensiones del grupo de moldes sea menor de 1/64 pulg. [0.5 mm]. Los moldes deben ser de metal no atacado por mortero de cemento Portland. El lado del molde debe ser lo suficientemente rígido para evitar la extensión o deformación. Los moldes deben ser herméticos antes de su uso. Un material satisfactorio para este fin es la mezcla de parafina y colofonia descrita en el Método de prueba C 109 / C 109M.*
- 6.3 *Sección ficticia: una sección ficticia (figura 1) se mecanizará con un material duro que no sea atacado con mortero de cemento Portland. Se ajustará al molde y será igual a la mitad del volumen del cilindro, pero a un ángulo de 30 ° con respecto a la vertical. Se pueden fabricar secciones ficticias adicionales colando un mortero de resina epoxi contra la sección simulada mecanizada contenida en un molde de muestra. Deben tomarse las debidas precauciones, tales como la depilación con cera, para evitar la unión del mortero de resina epoxi con la sección simulada mecanizada o el molde*
- 6.4 *Varilla de apisonamiento. la varilla de apisonamiento debe ser una varilla redonda de latón o plástico, de 3/8 pulg. [10 mm] de diámetro y aproximadamente 12 pulg. [300 mm] de largo, con ambos extremos redondeados a puntas hemisféricas.*

C 882

Especialmente en la piel, los ojos y el sistema respiratorio. Las personas que manipulen estos materiales deberán usar ropa protectora adecuada, incluidos guantes de goma o plástico. Si una resina epoxi debe entrar en contacto con la piel, se debe quitar inmediatamente con un paño seco o toalla de papel, y el área de contacto debe lavarse a fondo con agua y jabón. No se deben usar solventes, ya que llevan el irritante a la piel. Las resinas epoxi curadas son inocuas.

9. Muestreo

9.1 Tomar muestras de acuerdo con la Especificación C 881.

10. Especímenes de prueba

10.1 Se requieren tres muestras de prueba compuestas para todos los tipos de sistemas de resina.

10.2 Acondicionamiento:

10.2.1 Sistemas Tipos I, III, IV, VI y VII - Acondicione los componentes del sistema de resina, las secciones de mortero y todo el equipo que entrará en contacto con la resina a las temperaturas apropiadas para la clase de sistema de resina utilizado, como se especifica en la Especificación C 881, a excepción de los sistemas Tipo VI y Tipo VII que condicionan las secciones de mortero y todos los equipos y materiales a la temperatura más alta especificada en la Especificación C 881.

10.2.1.1 Prepare las muestras de prueba a estas temperaturas y tome medidas para mantenerlas a estas temperaturas durante todo el tiempo de curado. Prepare la superficie que se va a unir mediante chorro de arena y cepillado en seco para eliminar todo el material de superficie suelta.

10.2.1.2 Use secciones y conjuntos de mortero que hayan sido remojados en agua durante 24 h. Coloque la cara de las secciones de mortero que se unirán sobre un material absorbente durante 10 minutos antes de aplicar el adhesivo. Para las muestras de prueba ensambladas, elimine toda el agua mediante agitación. Deje que se seque al aire durante 15 minutos.

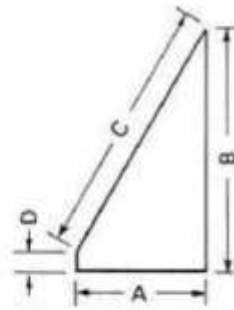
10.2.2 Sistemas de Tipo II y Tipo V Dado que las resinas de Tipo II y Tipo V son apropiadas para usarse solo a temperaturas que permiten la ganancia de resistencia del concreto recién preparado, solo la temperatura de acondicionamiento para una resina de Clase C, $73 \pm 2^\circ \text{F}$ [$23 \pm 1^\circ \text{C}$], se debe proporcionar.

10.3 Preparación de los especímenes:

10.3.1 Sistemas de tipo I, III, IV, VI y VII, de grado 2 o 3: se necesitarán dos secciones de mortero para cada muestra de prueba. Envuelva 4 mil (100 μm) de película de polietileno de 6 por 20 pulg. [150 por 500 mm] alrededor de una sección de cada par, incluso con la base y asegúrelos con cinta adhesiva. Mezcle bien los componentes del sistema de unión en las proporciones recomendadas por el formulador. Un tiempo de mezcla de 3 minutos debería ser suficiente. Apoye la sección de mortero envuelta en película para que la superficie de unión preparada sea horizontal.

10.3.1.1 Para probar sistemas de Grado 2, aplique una capa de 0.02 in. [0.5 mm] de los sistemas de unión a la superficie elíptica preparada de la sección de mortero envuelta en película. Usando sistemas de Grado 3, aplique una capa de sistema de unión de 0.02 in. [0.5 mm] en la superficie elíptica preparada de la sección de mortero que no esté envuelta en una película. Para la determinación de la resistencia de contacto (Especificación C 881) de los sistemas Tipo VI y VII, aplique un 1/16 pulg. Capa de [2.0 mm] a la superficie elíptica preparada de ambas secciones de mortero.

10.3.1.2 Inserte las secciones de mortero que no estén envueltas con película en el cilindro formado por la película que rodea otras secciones de mortero y exprima el exceso de resina a través de un orificio o agujeros perforados en la película en la línea de unión, mientras mantiene la junta horizontal



| | 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

- 6.5 Aparato para mezclar el sistema de unión de resina epoxi: un recipiente de vidrio, plástico o metal de aproximadamente 3 oz. Se debe usar una capacidad de [0.1 L] para mezclar a mano el sistema de unión. Un depresor de lengua o una barra de madera de dimensiones similares se usará como una paleta.
- 6.6 Máquina de prueba la máquina de prueba debe ser como se describe en el Método de prueba C 39.
- 6.7 Habitación húmeda: la habitación húmeda debe cumplir con los requisitos de la Especificación C 511.
- 6.8 Cámaras de acondicionamiento de temperatura - Salas o cámaras en las cuales la temperatura se mantiene adecuada a la clase del sistema de resina que se está probando, de acuerdo con la Especificación C 881.

7. Materiales

- 7.1 Las condiciones, los materiales, las proporciones y los procedimientos del laboratorio para mezclar el mortero de cemento portland deberán estar de acuerdo con el Método de prueba C 109 / C 109M. Se debe usar un cemento Tipo III (Especificación C 150).
- 7.2 Aceite ligeramente la sección del maniquí y el molde del cilindro. Coloque la sección del maniquí en el molde con la parte oblicua hacia arriba. Coloque el mortero de cemento portland en el molde en tres capas de aproximadamente el mismo volumen. Vara cada capa con 25 golpes de la varilla de compactación. Distribuya los trazos uniformemente sobre la sección y la varilla lo suficientemente profundo como para penetrar en cualquier capa subyacente. Rod la capa inferior tan profundamente como sea posible. Golpee la superficie de la capa superior con la paleta y cubra la muestra y molde con una placa de vidrio o metal. Cure el semicilindro de mortero de acuerdo con la Práctica C 192 durante al menos 28 días. Luego seque el medio cilindro en aire de laboratorio durante al menos 7 días. Como alternativa, un completo de 3 por 6 pulgadas El cilindro [75 por 150 mm] se debe fundir y, después del curado, se puede cortar con sierra en un ángulo de 30° .
- 7.3 A 3 por 6 pulgadas [75 por 150 mm] cilindro del mortero debe tener una resistencia a la compresión, cuando se prueba de acuerdo con 11.3, de al menos 4500 psi [31 MPa] a los 28 días de edad.

8. Peligros

- 8.1 **Advertencia:** las resinas epóxicas contienen irritantes,

C 882

Asegure el conjunto con suficiente cinta adhesiva adicional colocada alrededor de la película. Asegúrese de que la articulación esté completamente llena. Mantenga la junta unida horizontal por 48 h, luego quite toda la cinta adhesiva.

10.3.2 Sistemas de grado I, III y IV de grado 1: se necesitarán dos secciones de mortero para cada muestra de prueba. Prepare la superficie de unión elíptica como se describe en 10.2. Coloque las dos mitades de la muestra juntas, formando un espacio de aproximadamente 0.02 pulg. [0.5 mm]. Envuelva la cinta adhesiva alrededor de la periferia de la muestra cerca de cada extremo. Coloque cinta adicional a lo largo de la junta. Cubra la cinta sobre la junta con parafina caliente para ayudar a contener el epoxi cuando se vierte en la ranura. Apoye la muestra de modo que la junta con cinta sea vertical. Corta una hendidura en la cinta para exponer aproximadamente 3/4 pulg. (20 mm) de la parte superior de la articulación. Vierta lentamente el sistema de unión de resina en la junta expuesta hasta que esté completamente lleno. Mantenga la junta vertical durante 48 h, luego retire toda la cinta adhesiva.

10.3.3 Sistemas tipo II y V: se necesitará una sección de mortero endurecido para cada muestra de ensayo. Prepare la superficie del mortero como se describe en 10.2, pero no pegue cinta alrededor del borde. Mezcle los componentes del sistema de unión como se describe en 10.3. Cepille el sistema de unión en la superficie preparada. Coloque la sección de mortero imprimado en el molde del cilindro que previamente ha sido revestido con una lámina de polietileno de 4 mil (100 μ m). Apoye el molde de manera que la superficie de unión de la sección de mortero quede horizontal. Coloque una capa de mortero de cemento portland recién mezclado sobre la superficie imprimada a una profundidad de aproximadamente 1/2 pulg. [15 mm]. Rod la capa con la varilla de apisonamiento suavemente, a fin de alterar la capa de resina lo menos posible. Coloque el molde en su posición vertical normal y coloque mortero adicional en el molde en dos capas de volumen aproximadamente igual. Vara cada capa con 25 golpes de la varilla de compactación. Distribuya los trazos sobre la sección transversal y hágalos lo suficientemente profundos como para penetrar en la capa subyacente. Golpee la superficie de la capa superior con la paleta y cubra el molde con una placa de vidrio o metal.

10.4 Curado:

10.4.1 Sistemas tipo I, III, IV, VI y VII: mantenga todas las muestras a la temperatura de preparación en una sala húmeda durante el período de tiempo especificado.

10.4.2 Sistemas tipo II y V: Desmolde las muestras de prueba y cure de acuerdo con la sección de curado de la Práctica C 192.

11. Procedimiento

11.1 Retire las muestras del entorno de curado después del tiempo especificado.

11.2 Tapado-Tape las muestras inmediatamente después de la eliminación del curado de acuerdo con la Práctica C 617.

11.3 Prueba de resistencia: pruebe las muestras a 73 ± 2 ° F [23 ± 1 ° C] en compresión después de tapar de acuerdo con el Método de prueba C 39.

12. Cálculo

12.1 Calcule la resistencia de unión del sistema de unión de resina dividiendo la carga transportada por la muestra en caso de fallo por el área de la superficie unida (Nota 1). Reduzca el área de la superficie unida por la de cualquier hueco encontrado en la unión en la inspección después de la prueba. Solo se deben contar los huecos de más de 1/8 pulg. [3 mm] para reducir el área. Informe los resultados al más cercano 10 psi (0.1 MPa).

NOTA 1-El área de la superficie de unión elíptica de los cilindros de prueba especificados en este método de prueba es 14.13 in.2 [9116 mm2]. El área real debe basarse en la medición de las longitudes de los dos ejes para las áreas de una elipse [0.7854 a b]

13. Informe

13.1 Informe la siguiente información:

13.1.1 Número de identificación,

13.1.2 Resistencia de enlace,

13.1.3 Área de unión,

13.1.4 Número y área total de vacíos en el enlace,

13.1.5 Tipo y posición de la fractura (en el material de unión, en el mortero o en la interfaz entre ellos)

13.1.6 Defectos en la muestra o la tapa.

14. Precisión y sesgo

14.1 Precisión: se encontró que la desviación estándar era de 365 psi para el promedio de resistencia de enlace de 14 días de 1790 psi. Por lo tanto, los resultados de dos pruebas realizadas adecuadamente por dos laboratorios en lotes similares no deberían diferir entre sí en más de 1022 psi.

14.2 Sesgo: este método de prueba no tiene sesgo, ya que los valores determinados solo se pueden definir en términos de este

método de prueba.

15. Palabras clave

15.1 adhesivos; agentes de unión; fuerza de lazos; enlace de corte.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.