



**“UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“TESIS”**

---

**“Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018”**

---

Línea de investigación:

**TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES**

Presentado por los bachilleres:

**ZANABRIA QUISPE JHON GREGORY**

**SALAZAR HANCCO EDISON**

Para optar al Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

Asesor:

**ING. HEINER SOTO FLOREZ**

CUSCO – PERU

2019

**DEDICATORIA****A mis queridos padres:**

Hugo Moisés, Clara, Julio y Mercedes, mis queridos padres y suegros respectivamente a quienes dedico cada uno de mis triunfos, los amo papitos.

**A mí amado hijo:**

Marzelo Benjamín mi fortaleza de seguir adelante con cada reto en mi vida tanto profesional como en familia, hijito mío para dedicarte este nuestro título de Ingeniero y muchos méritos más para que te sientas orgulloso de mí, recuerda que siempre estaré a tu lado y que te amo infinitamente.

**A mi amada esposa:**

Lucía Catalina, quien fue mi compañera, donde luchamos juntos por ser profesionales, a quien estoy muy agradecido por entender mis traspasadas de estudio y quien en todo momento recibí sus alientos de perseverancia de seguir adelante y nunca rendirme, es por ello mi amor que estoy muy agradecido contigo y que Dios siga bendiciendo nuestro hogar, "Contra viento y marea", Te amo Lucita.

**A mí querida hermana, hermano y sobrinos:**

Rodrigo, Alejandra Milagros, Gonzalito, Rafito y sobrinos quienes siempre han estado alentándome en todo momento, los quiero mucho, gracias por todo.

**Al Ing. Heiner Soto Florez y docentes:**

Por los aportes, enseñanzas, conocimientos brindados y su paciencia para mi formación universitaria, profesional y de manera muy especial por la amistad y asesoramiento brindado por el Ing. Heiner.

**A mis abuelitos Miguel, Augusto, Rosa y Gregoria**

Mis segundos padres a quienes estoy infinitamente agradecidos por el amor incondicional en especial a mi mama Rosa Emilia.

**Jhon Gregory Zanabria Quispe**



Dedico éste presente proyecto de investigación a mis padres y hermanos por apoyarme en todo momento, ellos fueron mi soporte para seguir adelante, durante toda esta etapa de mi formación como profesional en la universidad, además siempre me alientan para nunca darme por vencido frente a las situaciones que pueden ocurrir en mi formación profesional, y también dedico este proyecto a mis docentes por guiarme durante todos estos años de estudio, dándome su tiempo para guiarme y enseñarme, en todo lo referente hacia la carrera profesional, así como también me brindaron su confianza y me transfirieron sus conocimientos en todos los temas desarrollados dentro de la escuela profesional, y finalmente dedico este proyecto a mis familiares más cercanos que siempre estuvieron ahí para incentivar me a seguir adelante, a lo largo de todo este tiempo de años de estudio.

**Edison Salazar Hanco**



## AGRADECIMIENTOS

Es para mí grato poder utilizar este espacio para expresar mis agradecimientos.

En primer lugar Agradezco a Dios y el Señor de los Milagros por permitirme disfrutar de la vida, de tener salud, fortaleza, perseverancia, por darme una familia espectacular y permitirme disfrutar de este momento grato de culminar con esta investigación.

A mi querida Universidad Andina del Cusco, a nuestra Facultad y Escuela Profesional de Ingeniería Civil a cada uno de mis docentes por sus buenos consejos de experiencias profesionales y personales.

A nuestro asesor Ing. Heiner Soto Florez por aceptar nuestro trabajo de Investigación, por guiarnos y aconsejarnos con su vasta experiencia la cual tiene grandes resultados.

De igual forma a los Ingenieros Maria Milagros Olazával Rodríguez y Alain Elvis Alanoca Aragón por aconsejarnos en nuestra inquietud de la investigación.

Y como no agradecer a toda mi familia a la cual estuvo a mi lado en todo momento, a mis padres por enseñarme la responsabilidad, a quienes estoy muy agradecido por darme la vida y ser parte de mi formación, a mi padre y colega Hugo por enseñarme sobre la Ingeniería y las obras donde se me hizo un gusto la construcción y lo técnico, de igual forma a mi esposa Lucía y mi hijito Marzelito que son mi fortaleza, a quienes estoy muy agradecido por entender mi locura de estudiar Ingeniería Civil, la cual la llevaré con mucho orgullo y respeto.

**Jhon Gregory Zanabria Quispe**



Agradezco de manera especial a mis padres, ellos siempre estuvieron pendientes de mí y sin su apoyo no hubiera podido lograr alcanzar mis metas que poco a poco voy a llegar a realizarlos y de esta manera poder darle a mis padres esa felicidad por logros que voy a obtener, ya que desde que empecé a estudiar en la universidad me brindaron todo su apoyo, hago también otra mención de agradecimiento hacia mis docentes y compañeros por brindarme su confianza, respeto y amabilidad durante todo mi proceso formativo como estudiante dentro de la universidad y por último agradezco a mis hermanos y familiares más cercanos como a mis tíos y primos los cuales voy estar siempre agradecido por su apoyo.

**Edison Salazar Hanco**

**RESUMEN**

En la presente tesis se determinó las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" patrón con el concreto líquido fino añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, las pruebas fueron realizadas según Normas Técnicas Peruanas, MTC y ASTM. Se evaluó las características del agregado fino (procedente de la cantera Cunyac), se realizaron granulometrías a cada dosificación de limaduras de acero al 2%, 5% y 10 %, y que cumplan con la normativa. Se evaluó la fluidez del concreto líquido patrón y la de concreto líquido modificado, donde se tuvo que el concreto líquido adicionado con 10% de limadura de acero presenta 136.22 porcentaje de fluidez mayor a la de un concreto líquido patrón determinándose que a mayor sustitución de limadura se tiene mayor porcentaje de fluidez. Se evaluó la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto líquido patrón y los modificados al 2%, 5% y 10% de limaduras de acero, sometidos a una fuerza constante de compresión en los cuales se cumplió con la NTP. 334.051. Se evaluó la resistencia a la flexión de los especímenes de concreto líquido patrón y los modificados, mediante vigas de 160mm de largo, 40 mm de ancho y 40 mm de altura, sometidos a una fuerza constante de compresión, evaluado con MTC E 617. Se determinó el tiempo de fraguado de cada uno de los tipos de concreto líquido fino grout, según las especificaciones de la NTP.334.090 y la NTP. 334.006, cuyos resultados indican que el tiempo promedio de fraguado inicial del concreto líquido patrón es de 265.83 minutos y un fraguado final de 450 minutos, y el concreto modificado al 10% de limaduras de acero tiene un fraguado inicial de 354.17 minutos y un fraguado final de 490 minutos, concluyéndose que a mayor dosificación de limaduras de acero retarda el fraguado del concreto. Finalmente se concluye que al dosificar limaduras de acero al 2% se tiene un buen comportamiento estructural con una resistencia promedio de 253.50 kg/cm<sup>2</sup> y de igual forma sirve como un retardante para el concreto, se concluye que a los 28 días de edad los especímenes de 10% de limaduras de acero mejoran la resistencia a flexión más que un concreto líquido patrón.

Palabras clave: Grout, limaduras de acero, granulometría, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, tiempo de fraguado.

**ABSTRACT**

In the present thesis the physical and mechanical properties of the fine liquid concrete "grout" pattern with the fine liquid concrete added with 2%, 5% and 10% steel filings were determined, the tests were carried out according to Technical Standards Peruvian, MTC and ASTM. The characteristics of the fine aggregate (from the Cunyac quarry) were evaluated, granulometries were made at each dosage of 2%, 5% and 10% steel filings, and they comply with the regulations. The fluidity of the standard liquid concrete and that of modified liquid concrete was evaluated, where it was necessary that the liquid concrete added with 10% of steel filings presents 136.22 percentage of fluidity greater than that of a liquid concrete, determining that the greater the substitution of filings. You have a higher percentage of fluency. The compressive strength of the standard liquid concrete specimens and those modified at 2%, 5% and 10% of steel filings were evaluated, subjected to a constant compression force in which the NTP was complied with. 334,051. The flexural strength of the standard liquid concrete specimens and the modified specimens were evaluated using beams 160 mm long, 40 mm wide and 40 mm high, subjected to a constant compression force, evaluated with MTC E 617. Determined the setting time of each type of grout fine liquid concrete, according to the specifications of NTP.334.090 and NTP. 334.006, whose results indicate that the average initial setting time of the standard liquid concrete is 265.83 minutes and a final setting of 450 minutes, and the modified concrete at 10% of steel filings has an initial setting of 354.17 minutes and a final setting of 490 minutes, concluding that a higher dosage of steel filings delays the setting of the concrete. Finally it is concluded that when dosing steel filings to 2% it has a good structural behavior with an average resistance of 253.50 kg / cm<sup>2</sup> and likewise serves as a retardant for the concrete, it is concluded that at 28 days of age the specimens 10% steel filings improve the flexural strength more than a liquid concrete pattern.

Keywords: Grout, steel filings, granulometry, compressive strength, flexural strength, setting time.



## INTRODUCCIÓN

Debido a que se busca mejorar las características físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero con respecto a un concreto líquido patrón, nuestro proyecto parte del estudio de mejorar el comportamiento del concreto líquido fino “grout” mejorando sus características físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout”, de igual forma mediremos el límite de compresión y flexión del grout adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%.

Por tales motivos se vio por conveniente determinar la causa de tipo de deformación del grout para poder dar una solución factible al problema para su mejor uso, así como también para verificar si nuestro concreto líquido fino “grout” con limaduras tendrá mejor comportamiento que un concreto líquido patrón.

Como principal fuente de análisis se dosificará el concreto líquido fino “grout” de acuerdo a la norma ASTM C 476 y de estudios previos de diseño de albañilería estructural.

El proceso que utilizamos para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino (grout) y sus modificados será realizado en el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco. Los pasos para este proyecto empiezan con el estudio del agregado fino (arena de Cunyac) y las limaduras de acero de procedencia de la tornería Cazorla ubicada en el cuarto paradero de la avenida la Cultura del distrito San Sebastián, después se pasa a preparar el concreto líquido en moldes metálicos, luego haremos pruebas con la aguja Vicat para determinar el tiempo de endurecimiento y la de revenimiento para determinar la fluidez, para luego analizar la mezcla sometida a cargas axiales y determinar si realmente el concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero supera las características analizadas frente a un concreto líquido patrón, también ejecutaremos unas pilas de 3 unidades de albañilería para luego ser sometidas a cargas axiales y poder determinar la adherencia que produce el concreto líquido fino “grout” y comparar al final con un grout añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%.





## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTOS .....iii

RESUMEN..... v

ABSTRACT ..... vi

INTRODUCCIÓN ..... vii

Capítulo I

1. Planteamiento del problema ..... 1

1.1. Identificación del problema..... 1

1.1.1. Descripción del problema ..... 1

1.1.2. Formulación interrogativa del problema..... 3

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general..... 3

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos ..... 3

1.2. Justificación e importancia de la investigación..... 3

1.2.1. Justificación técnica..... 3

1.2.2. Justificación social ..... 4

1.2.3. Justificación por viabilidad..... 4

1.2.4. Justificación por relevancia ..... 5

1.3. Limitaciones de la investigación ..... 5

1.4. Objetivo de la investigación..... 6

1.4.1. Objetivo general ..... 6

1.4.2. Objetivos específicos..... 6

Capitulo II

2. Marco Teórico ..... 8

2.1. Antecedentes de la tesis ..... 8

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional ..... 8



2.1.2. Antecedentes a nivel internacional ..... 10

2.2. Aspectos teóricos pertinentes ..... 11

2.2.1. El concreto. .... 11

2.2.2. Componentes del concreto..... 18

2.2.3. Ensayo a los agregados. .... 32

2.2.4. Aditivos para concreto..... 38

2.2.5. Resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico MTC E 617 ..... 39

2.2.6. Fluidez..... 46

2.2.7. Tiempo de fragua del cemento (Aguja de Vicat), Norma de referencia: ASTM C 191. 46

2.2.8. Dosificación del grout ..... 47

2.2.9. El acero..... 48

2.2.10. Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado – NTP 334.051. .... 52

2.3. Hipótesis..... 52

2.3.1. Hipótesis general..... 52

2.3.2. Sub hipótesis ..... 52

2.4. Definición de variables ..... 53

2.4.1. Variables independientes ..... 53

2.4.2. Variables dependientes..... 53

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables ..... 54

Capítulo III

3. Metodología ..... 55

3.1. Metodología de la investigación ..... 55

3.1.1. Enfoque de la Investigación ..... 55

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación ..... 55

3.1.3. Método de investigación ..... 56

3.2. Diseño de la investigación ..... 56



3.2.1. Diseño metodológico..... 56

3.2.2. Diseño de ingeniería ..... 57

3.3. Población y muestra ..... 58

3.3.1. Población..... 58

3.3.2. Muestra..... 59

3.3.3. Criterios de inclusión..... 61

3.4. Instrumentos ..... 62

3.4.1. Instrumentos metodológicos..... 62

3.4.2. Instrumentos de ingeniería..... 67

3.5. Procedimientos de recolección de datos ..... 71

3.5.1. Determinar la granulometría del agregado fino y más la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%..... 71

3.5.2. Determinar la fluidez del concreto líquido adicionado con 2%, 5% y 10% de limaduras de acero y un concreto líquido patrón ..... 77

3.5.3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5% y 10% y un concreto líquido patrón ..... 83

3.5.4. Determinar la resistencia a la flexión del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5% y 10% y un concreto líquido patrón..... 97

3.5.5. Determinar del tiempo de fraguado del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5%, y 10% y de un concreto líquido patrón..... 108

3.6. Procedimientos de análisis de datos ..... 126

3.6.1. Determinación de la granulometría del agregado fino y más la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%. ..... 126

3.6.2. Ensayo determinación de la fluidez..... 130

3.6.3. Determinación ensayo de resistencia a la compresión de concreto líquido ..... 132

3.6.5. Determinación del tiempo de fraguado del concreto líquido ..... 141



Capitulo IV

4. Resultados .....	151
4.1. Resultados de la determinación de la fluidez .....	151
4.2. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto líquido .....	151
4.3. Resultados de la resistencia a la flexión del concreto líquido.....	151
4.4. Resultados del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido .....	152

Capitulo V

5. Discusión.....	153
5.1. Discusión Nro.1.....	153
5.2. Discusión Nro.2.....	153
5.3. Discusión Nro.3.....	153
5.4. Discusión Nro.4.....	153
5.5. Discusión Nro.5.....	153
Glosario .....	154
Conclusiones .....	158
Recomendaciones.....	160
Referencias .....	161
Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	166
Apéndices .....	167



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría de confitillo.....	15
Tabla 2: Composición volumétrica del concreto líquido o grout.....	15
Tabla 3: Componente del cemento Portland, antes de su fabricación.....	19
Tabla 4: Resumen de componentes del cemento portland, despues de su fabricacion. ....	20
Tabla 5: Propiedades aportadas al cemento por componentes principales del Clinker. ....	21
Tabla 6: Composición de distintos tipos de cemento portland.....	22
Tabla 7: Propiedades físicas de la puzolana.....	23
Tabla 8: Propiedades químicas de la puzolana.....	24
Tabla 9: Características técnicas del cemento Portland Puzolánico tipo IP-Yura. ....	24
Tabla 10: Resistencia a los sulfatos del Cemento Portland Puzolanico IP. ....	25
Tabla 11: Calidad del agua para la elaboración y curado del concreto.....	26
Tabla 12: Clasificación según el tamaño.....	29
Tabla 13: Análisis granulométrico del agregado fino. ....	32
Tabla 14: Orden de apisonado de las capas.....	43
Tabla 15: Tabla de tolerancias. ....	43
Tabla 16: Granulometría recomendadas de agregado fino para morteros, concretos y grout..	45
Tabla 17: Dosificación de lechada por volumen para construcción de albañilería armada. ....	47
Tabla 18: Operacionalización de variables. ....	54
Tabla 19: Cuantificación total de muestras para la resistencia a la compresión.....	59
Tabla 20: Cuantificación total de muestras para la resistencia a la compresión.....	60
Tabla 21: Toma de datos para la granulometría de agregado fino. ....	75
Tabla 22: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 2% de limaduras de acero.....	75
Tabla 23: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 5% de limaduras de acero.....	76
Tabla 24: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 10% de limaduras de acero.....	76
Tabla 25: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%.....	78
Tabla 26: Datos obtenidos de la fluidez del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10 % y de un concreto líquido patrón.....	83



Tabla 27: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%..... 84

Tabla 28: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 7 días de fraguado. .... 94

Tabla 29: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 14 días de fraguado. .... 95

Tabla 30: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 28 días de fraguado. .... 96

Tabla 31: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido más la adición de 2%, 5% y 10% de limaduras de acero..... 98

Tabla 32: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido de 4cm x 4cm x 16cm de lado a los 7 días de fraguado. .... 106

Tabla 33: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido de 4cm x 4cm x 16cm de lado a los 28 días de fraguado. .... 107

Tabla 34: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%..... 109

Tabla 35: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la primera muestra. .... 114

Tabla 36: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la segunda muestra. .... 115

Tabla 37: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la tercera muestra..... 116

Tabla 38: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la primera muestra. .... 117

Tabla 39: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la segunda muestra..... 118

Tabla 40: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la tercera muestra..... 119

Tabla 41: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la primera muestra. .... 120

Tabla 42: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la segunda muestra..... 121

Tabla 43: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la tercera muestra..... 122

Tabla 44: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la primera muestra. .... 123



Tabla 45: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la segunda muestra..... 124

Tabla 46: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la tercera muestra..... 125

Tabla 47: Procesamiento de la granulometría de la arena fina. .... 126

Tabla 48: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 2% de limaduras de acero. .... 126

Tabla 49: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 5% de limaduras de acero. .... 127

Tabla 50: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 10% de limaduras de acero. .... 127

Tabla 51. Resultados granulometría..... 130

Tabla 52: Procesamiento de datos de la mesa de fluidez del concreto líquido y sus adiciones con limaduras de acero. .... 131

Tabla 53 Determinación del Coeficiente de Variación para datos de fluidez del concreto liquido fino grout adicionado con limaduras de acero..... 131

Tabla 54: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 7 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión. .... 133

Tabla 55: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 14 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión. .... 134

Tabla 56: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 28 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión. .... 135

Tabla 57: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 7 días de fraguado para determinar la resistencia a la flexión. .... 138

Tabla 58: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 28 días de fraguado para determinar la resistencia a la flexión. .... 139

Tabla 59: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la primera muestra. .... 141

Tabla 60: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la segunda muestra..... 142

Tabla 61: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la tercera muestra. .... 142

Tabla 62: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la primera muestra. .... 143



Tabla 63: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la segunda muestra. ....	143
Tabla 64: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la tercera muestra. ....	144
Tabla 65: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la primera muestra. ....	144
Tabla 66: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la segunda muestra. ....	145
Tabla 67: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la tercera muestra. ....	145
Tabla 68: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la primera muestra. ....	146
Tabla 69: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la segunda muestra. ....	146
Tabla 70: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la tercera muestra. ....	147
Tabla 71 Resumen del tiempo de fraguado del concreto líquido. ....	150



**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Grout utilizado en muros de albañilería armada. ....	1
Figura 2: Ubicación geográfica de Cusco .....	2
Figura 3: Mezcla de concreto. ....	12
Figura 4: Concreto líquido utilizado en muros de albañilería. ....	14
Figura 5: Construcción de muro armado. ....	14
Figura 6: Agua de mezcla bebible y potable. ....	27
Figura 7: Localización de la cantera Cunyac. ....	31
Figura 8: Gráfica de límites granulométricos del agregado fino. ....	33
Figura 9: Estados de humedad del agregado. ....	34
Figura 10: Cono de absorción. ....	36
Figura 11: Estado saturado con superficie seca del agregado fino en el cono de absorción. ...	36
Figura 12: Aditivos para concreto. ....	39
Figura 13: Compactador. ....	41
Figura 14: Guía del compactador. ....	41
Figura 15: Detalles de apoyo para rotura a flexión. ....	43
Figura 16 : Detalles apoyo para prueba de rotura a flexión. ....	44
Figura 17: Dispositivos especiales para ensayar prisma de mortero de 40 x 40 x 160 mm. ....	44
Figura 18: Ensayo de consistencia grout fino. ....	46
Figura 19: Imagen de la aguja Vicat. ....	47
Figura 20: Cemento Portland tipo IP (Yura). ....	58
Figura 21: Serie de tamices. ....	67
Figura 22: Horno eléctrico. ....	67
Figura 23: Balanza electrónica. ....	68
Figura 24: Agitador mecánico de tamices. ....	68
Figura 25: Aguja Vicat. ....	69
Figura 26: Mesa de Fluencia. ....	69
Figura 27: Moldes cúbicos de madera de 50 mm de lado. ....	70
Figura 28: Moldes tipo barra de 4cm x 4cm x 16cm de lado. ....	70
Figura 29: Diagrama de procedimiento de granulometría del agregado fino. ....	71
Figura 30: Selección de material mediante el método de cuarteo. ....	72



Figura 31: Peso de limadura de acero. .... 72

Figura 32: La arena fina y las limaduras se echaron dentro del juego de tamices. .... 73

Figura 33: Vibración de los tamices mediante el uso de una máquina. .... 73

Figura 34: Pesado de cada muestra de material retenido en los tamices..... 74

Figura 35: Material retenido en los distintos tamices. .... 74

Figura 36: Diagrama de procedimiento para determinar la fluidez del concreto líquido y sus adiciones con limaduras de acero. .... 77

Figura 37: Método de cuarteo para seleccionar la arena fina. .... 79

Figura 38: Tamizado de la limadura de acero. .... 79

Figura 39: Pesado del cemento..... 80

Figura 40: Elaboración de la mezcla de concreto. .... 80

Figura 41: Llenado del molde troncocónico con concreto líquido..... 81

Figura 42: Giró de la manija para golpear la mesa de flujo. .... 81

Figura 43: Medición del diámetro de expansión del concreto líquido. .... 82

Figura 44: Pesado de la arena fina. .... 85

Figura 45: Pesado de la limadura de acero..... 85

Figura 46: Pesado del cemento..... 86

Figura 47: Armado de los moldes. .... 86

Figura 48: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto..... 87

Figura 49: Llenado de los moldes con la mezcla de concreto..... 87

Figura 50: Fraguado de los cubos de concreto. .... 88

Figura 51: diagrama de procedimiento para determinar la resistencia a compresión de prismas cúbicas de 50 mm de lado. .... 89

Figura 52: Medición del área de los cubos..... 90

Figura 53: Colocación de los cabezales. .... 91

Figura 54: Programación de la velocidad de carga. .... 91

Figura 55: Colocación del cubo de concreto en la máquina de compresión. .... 92

Figura 56: Visualización del cubo fracturado que indica la resistencia máxima alcanzada. ... 92

Figura 57: Toma de datos de valores obtenidos de cada rotura de concreto..... 93

Figura 58: Bloques de cubo de concreto patrón y su adición con limaduras de acero..... 93

Figura 59: Diagrama de procedimiento para elaboración de barras de concreto tipo viguetas de dimensiones de 40 x 40 x 160 mm. .... 97



Figura 60: Selección de la arena fina. .... 99

Figura 61: Selección de la limadura de acero. .... 99

Figura 62: Pesado del cemento..... 100

Figura 63: Preparación de los moldes. .... 100

Figura 64: Elaboración de la mezcla. .... 101

Figura 65: Vaceado del concreto líquido en los moldes. .... 101

Figura 66: Fraguado de las barras del concreto líquido. .... 102

Figura 67: Diagrama de procedimiento para determinar la resistencia a flexión de vigas de  
dimensiones de 40 x 40 x 160 mm. .... 102

Figura 68: Colocación de la vigueta sobre una barra con dos apoyos cilíndricos. .... 103

Figura 69: Programación de la velocidad de carga. .... 104

Figura 70: Prueba de flexión de la vigueta usando la máquina CBR..... 104

Figura 71: Rotura de vigueta por acción de una carga máxima. .... 105

Figura 72: Procesamiento y toma de datos..... 105

Figura 73: Diagrama de procedimiento para elaboración de concreto líquido y su colocado en  
los moldes troncocónicos. .... 108

Figura 74: Cuarteo de la muestra de la arena fina. .... 109

Figura 75: Pesado de la limadura de acero..... 110

Figura 76: Pesado del cemento..... 110

Figura 77: Proceso de elaboración de la mezcla de concreto..... 111

Figura 78: Llenado de moldes troncocónicos para el ensayo de aguja Vicat. .... 111

Figura 79: Moldes de concreto y aguja Vicat. .... 112

Figura 80: Penetración de la aguja Vicat dentro del concreto..... 113

Figura 81: La aguja Vicat deja de penetrar en el concreto líquido. .... 113

Figura 82: Curva granulométrica de la arena fina. .... 128

Figura 83: Curva granulométrica de la arena fina más 2% de limadura de acero..... 128

Figura 84: Curva granulométrica de la arena fina más 5% de limadura de acero..... 129

Figura 85: Curva granulométrica de la arena fina más 10% de limadura de acero..... 129

Figura 86: Porcentajes promedios de la fluidez del concreto líquido ..... 132

Figura 87: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto  
líquido..... 136



Figura 88: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto líquido..... 136

Figura 89: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto líquido..... 137

Figura 90: Diagrama de barras de la resistencia a la flexión alcanzada por el concreto líquido ..... 140

Figura 91: Diagrama de barras de la resistencia a la flexión alcanzada por el concreto líquido. .... 140

Figura 92: Diagrama de barras del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido. 149

Figura 93: Diagrama promedio de tres muestras para cada tipo de concreto líquido su tiempo de fraguado inicial y final..... 149

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema

#### 1.1. Identificación del problema

##### 1.1.1. Descripción del problema

Actualmente se desarrollan nuevos productos para la construcción de diversas obras civiles, que tienen características propias y los beneficios que traen en obra son diversos como menor costo en materiales, aligerar el peso de las construcciones, reducir el costo en la colocación de estos materiales en obra, y además incrementan la resistencia a diversas cargas estructurales, por lo cual se busca obtener una mejora en la calidad de material elaborado en obra.

En nuestro medio, se viene utilizando la dosificación del concreto líquido tradicional sin contemplar la utilización de nuevos aditivos artificiales, como los aditivos obtenidos mediante el reciclaje de materiales de desecho.

Que para nuestra investigación parte de adicionar un nuevo material al concreto líquido fino “grout” tradicional que busca obtener y mejorar las características propias del producto elaborado en obra, optimizando las propiedades físicas y mecánicas, de esta manera obtener un material que tenga características similares o superiores al concreto líquido fino tradicional.



Figura 1: Grout utilizado en muros de albañilería armada.

Fuente: Internet grouts para mampostería estructural CEMEX

### Ubicación geográfica

El área de estudio comprende la ciudad del Cusco donde se realizará esta investigación utilizando agregado de la cantera Cunyac, la cual se localiza en el departamento de Apurímac, a una distancia de 98 km de la ciudad del Cusco, utilizada en la construcción de edificaciones, obras viales, riego, saneamiento, etc.

Las limaduras de acero se obtuvieron del taller de torno “Cazorla” ubicado en el distrito de San Sebastián - Cusco y el cemento de los locales comerciales de venta de materiales en la ciudad del Cusco.



Figura 2: Ubicación geográfica de Cusco

Fuente: Internet ubicación Cusco

### Ámbito de influencia teórica

Esta investigación denominada “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018”, está ligado a la especialidad de Tecnología del Concreto, la mayoría de los ensayos serán efectuados en el laboratorio de suelos, concreto y pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco.

### **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

#### **1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general**

¿Cómo varían las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, con respecto a un concreto líquido patrón?

#### **1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos**

##### **Problema específico N° 1**

¿Cuál es la dosificación de mezcla del concreto líquido fino “grout”?

##### **Problema específico N° 2**

¿Cuánto es el revenimiento de un concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero con 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?

##### **Problema específico N° 3**

¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado a un concreto líquido patrón?

##### **Problema específico N° 4**

¿Cuál es la resistencia a la flexión de un concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?

##### **Problema específico N° 5**

¿Cuál es el tiempo de endurecimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?

### **1.2. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.2.1. Justificación técnica**

Este concreto líquido fino “grout” adicionado con las limaduras de acero mejoró en su comportamiento a la carga de compresión, brindará mayor calidad, seguridad y economía a mediano plazo en las construcciones. Con este concreto la trabajabilidad que se alcanza es óptima y se logrará la disminución de los poros del concreto, el uso de estas limaduras mejoró las propiedades físicas y mecánicas como son la resistencia a compresión y flexión.

La presente investigación es de suma importancia ya que mejora la resistencia a la compresión del concreto utilizando un material reciclado que son las limaduras de acero el cual contribuye directamente a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, de igual



manera sirve para la estabilización de estructuras metálicas en la zona de cimentación donde las aberturas son pequeñas y se podrá verter el concreto líquido grout fino.

Al aumentar la resistencia a la compresión del concreto, se justifica su uso en los concretos convencionales, por consiguiente su aplicación es importante en las construcciones modernas y a futuro dentro de la albañilería armada. Cumpliendo con los requisitos de la Norma E.070 artículo 7 donde se especifica las propiedades del concreto líquido fino “grout”.

Reutilizar las limaduras de acero nos permite reciclar y así contribuir a cuidar el medio ambiente, disminuyendo la contaminación.

### **1.2.2. Justificación social**

La presente investigación contribuirá a nuestra sociedad en general, ya que nos presenta una nueva alternativa en la utilización de aditivos, como el uso de limaduras de acero para la construcción de edificaciones en albañilería armada.

Al utilizar concreto líquido fino adicionado con limaduras de acero se podría tener obras ejecutadas con un concreto de buena calidad y generar nuevos puestos de trabajo en las empresas y población que desee reciclar limaduras de acero como material de construcción a utilizar.

Así mismo los beneficiados directamente seremos la población en general, estudiantes, docentes, investigadores y empresarios dedicados a la industria de la construcción en nuestra región.

Haciendo un análisis de costos se tiene, que un concreto líquido fino patrón con un costo de S/354.67 y un concreto líquido fino adicionado al 2% de limaduras de acero con un costo de S/361.60 que es el más óptimo, se tiene la diferencia de S/6.93 nuevos soles para mejorar un metro cúbico de concreto líquido fino convencional.

### **1.2.3. Justificación por viabilidad**

Es factible realizar la siguiente investigación ya que contamos con los materiales de construcción disponibles para la elaboración del concreto líquido (grout) a investigar, se cuenta con limaduras de acero, equipos y asesoramiento técnico ingenieril proveniente de la Universidad Andina del Cusco, tomando las precauciones del caso y cumpliendo la normativa vigente con respecto a seguridad personal, seguros de riesgo, ensayos a realizar, equipos a utilizarse en la presente tesis y contamos con la economía suficiente.





Las pruebas o ensayos se ejecutarán usando equipos de protección personal y equipos de seguridad, para lo cual los instrumentos y equipos requeridos serán proporcionados por la Universidad Andina del Cusco, cuyos laboratorios cuentan con las herramientas y equipos necesarios para la determinación de cada ensayo que requiera nuestra tesis, sin la necesidad de requerir otro laboratorio particular.

#### **1.2.4. Justificación por relevancia**

Es relevante la presente investigación ya que se optimizó y mejoró el concreto líquido fino (grout) con la adición las limaduras de acero y optimizo las propiedades físicas y mecánicas de este tipo de concreto, y así obtener un concreto que brinde calidad y seguridad utilizando un material reciclado.

El uso de estas limaduras de acero en el concreto líquido fino, justifica su uso, por ser un material reciclado y su empleo en las construcciones de albañilería armada sería de gran aporte dentro de la ciudad del Cusco, parte de nuestro aporte será bien recepcionado por motivos que no existe mayores estudios en la albañilería armada y es nueva la tecnología de sistemas estructurales.

Es una buena alternativa para el uso en los vacíos de los muros producidos por las instalaciones de aguas servidas, donde podríamos rigidizar y llenar esos espacios con el concreto líquido fino grout modificado y así poder mejorar el comportamiento del muro.

Viendo los resultados del concreto líquido modificado serviría para los encamisados en columnas donde tienen secciones pequeñas y podríamos ampliar el área de la estructura, haciendo uso del concreto líquido fino grout al 2% de limaduras de acero.

#### **1.3. Limitaciones de la investigación**

La presente tesis tiene las siguientes limitaciones:

- Se limita a la ciudad de Cusco.
- Se limita al uso del cemento Portland Puzolánico tipo IP (Yura)
- Se limita al uso de agregado fino proveniente de la cantera de Cunyac.
- Se limita al uso de limaduras de acero provenientes de las empresas recicladoras de remanentes de acero al igual en los centros de torno.



- Se limita sólo a la verificación del revenimiento con la mesa de fluidez, más no a su control durante la elaboración del concreto  $f'c$  140  $kg/cm^2$  adicionando limaduras de acero en porcentajes, 2%, 5%, 10%.
- Se limita al uso de granulometría del agregado fino según requisito de la N.T.P. 400.0.37,2014.
- Se limita al uso de agua de red pública - potable.
- Se limita al uso de tablas de dosificación de concretos líquidos grout de la norma ASTM C 476, y la norma NTP E 070 capítulo 3, artículo nro.7 tabla nro.6, estará expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado), y no consideraremos condiciones especiales de exposición o diseño por durabilidad.
- Se limita al uso de la aguja Vicat para determinar el tiempo de fraguado del concreto patrón y de los adicionados al 2%,5% y 10% de limaduras de acero.
- Se limita a la elaboración y evaluación de probetas - testigos, de prismas cúbicos de concreto de dimensiones 5 cm de ancho y 5 cm de largo x 5 cm de altura, de una resistencia mínima de  $f'c$  140  $Kg/cm^2$  al ser adicionado con limaduras de acero como aditivo en diferentes porcentajes en función del peso del agregado fino.
- Se limita a la evaluación de probeta-testigo, en el ensayo de la resistencia a la compresión, a los 7, 14 y 28 días de edad.
- Se limita a la evaluación de probetas - testigos, de tipo viguetas de dimensiones 4 cm de ancho y 16 cm de largo x 4 cm de altura, para el ensayo de la resistencia a la flexión, de 7 y 28 días de edad de acuerdo a la norma del MTC E 617.

#### **1.4. Objetivo de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, con respecto a un concreto líquido patrón.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

###### **Objetivo Especifico N°1**

Determinar la dosificación de mezcla óptima del concreto líquido fino “grout”.

###### **Objetivo Especifico N°2**



Determinar el revenimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, con respecto a un concreto líquido patrón.

**Objetivo Especifico N°3**

Determinar la proporción añadida al concreto líquido fino “grout” con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, más resistente a la compresión, con respecto a un concreto líquido patrón.

**Objetivo Especifico N°4.**

Determinar la proporción añadida al concreto líquido fino “grout” con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, más resistente a la flexión, con respecto a un concreto líquido patrón.

**Objetivo Especifico N°5.**

Verificar el tiempo de endurecimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón.



## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes de la tesis

##### 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

###### Referencia N° 01 a nivel nacional:

**Tema:** “ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE LA DIATOMITA EN LA PRODUCCION DE CONCRETO CON AGREGADOS DE MINA ROJA, CUNYAC Y VICHO“.

Por: José Luis ASTETE GARCIA (Universidad Andina del Cusco).

Fecha: Cusco-Perú, 2012.

###### Resumen

Esta investigación consta de diferentes evaluaciones y ensayos que se realizaron para la fabricación de concreto se pudo evidenciar que existe un incremento mínimo de la resistencia a compresión axial del concreto con una formulación óptima del 25% de diatomita silícica natural de Canchaurán, en su condición de aditivo. (Garcia, 2012)

Así mismo la mezcla, presento una consistencia plástica, esto en su fase de concreto en estado fresco, todo esto bajo aspectos de la investigación y llegando a objetivos planteados y alcanzados según el estudio de la presente tesis. (Garcia, 2012)

###### Conclusiones

Se ha comprobado la hipótesis general planteada, al incrementar la resistencia del concreto a compresión con un porcentaje de adición de diatomita, siendo la dosificación óptima del 25%.



Se alcanzó el objetivo específico, analizar la resistencia del concreto con diatomita, al alcanzar una resistencia de 220.75 Kg/cm<sup>2</sup>, que se considera mejorado con respecto a una resistencia de 210.75 Kg/cm<sup>2</sup>. (Garcia, 2012)

Con los resultados de los ensayos de actividad puzolánica presentados se ha verificado que la diatomita es un material puzolánico alternativo apto para la producción de concreto. (Garcia, 2012)

Las características de la diatomita cambian entre lotes debido a que es un material que sólo es extraída y sometida a un proceso de molienda, variando el contenido de sílice. Estas variaciones se reflejan posteriormente en los resultados de los diferentes ensayos realizados al concreto. (Garcia, 2012)

A mayor cantidad de diatomita, la relación agua/cemento aumenta. A pesar de que la cantidad de agua en la mezcla fue siempre constante y la variante fue la cantidad de aditivo necesaria para los diferentes diseños. (Garcia, 2012)

Con respecto a la fragua, se puede decir que a menor cantidad de diatomita, el tiempo de fraguado disminuye de manera directamente proporcional a la cantidad de aditivo usado. (Garcia, 2012)

#### **Referencia N°02 a nivel nacional:**

**Tema:** “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL ACERO PULVERIZADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIMPLE”.

Por: Jorge, QUELOPANA VILLALBA, (Universidad Andina del Cusco).

Fecha: Cusco - Perú, 2012.

#### **Resumen**

Realizado por Jorge Quelopana en el año 2012 para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la presente investigación se preparó un concreto patrón y a los demás especímenes de concreto se reemplazó el agregado fino en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% en función de su peso. Luego de llevarlas a la rotura (ensayo de compresión simple) a los 28 días, las briquetas de acero pulverizado mostraron diferentes resultados en función al porcentaje de acero pulverizado, las briquetas con 2.5% y 5% de acero incrementaron la resistencia a la compresión y las briquetas con 7.5% y 10% de acero disminuyeron la resistencia a la compresión del concreto  $f'c$  280kg/cm<sup>2</sup>. (Villalba, 2012)



## Conclusiones

El diseño del concreto simple de la investigación es de  $f'c$  280Kg/cm<sup>2</sup>, el cual se evaluó el reemplazo de acero pulverizado por el agregado fino, en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% en función del peso, a este proceso nosotros le diríamos que se trata de una sustitución. (Villalba, 2012)

La dosis óptima del acero pulverizado es de 2.5%, este material reemplazo el agregado fino y se obtuvo la máxima resistencia a la compresión llegando a obtener 444.38 Kg/cm<sup>2</sup>. (Villalba, 2012)

El resultado al 5% de reemplazo de acero pulverizado por el agregado fino, obtuvo una resistencia a la compresión de 358.09 Kg/cm<sup>2</sup> por encima del concreto patrón (control) que es de 302.91 Kg/cm<sup>2</sup> y los demás porcentajes como el de 7.5% y 10% con resistencias de 214.47 Kg/cm<sup>2</sup> y 104.10 Kg/cm<sup>2</sup> están por debajo del concreto patrón, todos estos resultados son evaluados a los 28 días de curado de las probetas-testigos. (Villalba, 2012)

### 2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

**Tema:** “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN HORMIGONES GRADO H15, H20, Y H30”.

Por: Carlos Javier CATALAN ARTEAGA, (Universidad Austral de Chile).

Fecha: Valdivia - Chile, 2013.

### Resumen

La incorporación de vidrio molido en la mezcla de hormigón permite la reutilización de dicho material, considerando que una gran cantidad de vidrio de desecho es tirado directamente a la basura. Con esto se estaría realizando un aporte a la disminución de volúmenes de desechos sólidos acopiados en vertederos autorizados y clandestinos, además de reducir los costos asociados a la producción de hormigón, en relación a la extracción de áridos. (Catalan Arteaga, 2013).

Existe una tendencia, aunque en este caso ligero, un aumento de la resistencia del hormigón, al incluir un 10% de vidrio en la mezcla, lo que corrobora estudios anteriores referentes al tema. Al incluir un porcentaje mayor en la mezcla, se tiende a una disminución de la resistencia, lo cual se explica en la naturaleza como un material frágil el vidrio, en detrimento de la ductilidad deseada en hormigones. (Catalan Arteaga, 2013).



## Conclusiones

En el proceso de triturado y manipulación del vidrio en este estudio, se pudo apreciar en el material reemplazante un comportamiento similar al cemento en condiciones de tamaño parecido, en presencia de humedad. En estudios anteriores respecto a este tema, se han observado propiedades puzolánicas en el polvo de vidrio, lo cual no fue objeto de este tema, pero bien puede abrir la posibilidad a estudios posteriores. (Catalan Arteaga, 2013).

La investigación refiere, que de acuerdo al análisis de testigos de concreto de estudio de diferentes resistencias, se observa que la adición de vidrio molido con los estándares de la Norma Chilena, en el concreto se obtuvo el incremento moderado de su resistencia, el cual nos conlleva a realizar este estudio y adecuarlo en el entorno de nuestro medio, como la reutilización del vidrio en calidad de desecho, como un agregado no natural en el concreto, considerándolo como un árido más, reemplazando una cantidad controlada en el agregado fino. (Catalan Arteaga, 2013).

### 2.2. Aspectos teóricos pertinentes

#### 2.2.1. El concreto.

##### 2.2.1.1. Definición del concreto.

El concreto es un material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes. (Pasquel Carbajal, 1998)

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (Pasquel Carbajal, 1998)

Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, se dilata si ésta aumenta, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus propiedades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. (Pasquel Carbajal, 1998)

Siendo los elementos que conforman el Concreto, (I.C.G., 2019):

- Elementos activos: cemento + arena + piedra + agua + aditivo (opcional)
- Elementos pasivos: aire.

Proporción del concreto en cuanto al volumen:

- Aditivo : 0.1% - 0.2%.
- Aire : 0.1% - 0.3%.
- Cemento : 7% - 15%
- Agua : 15% - 22%
- Agregados : 60% - 75%



Figura 3: Mezcla de concreto.

Fuente: <http://ingcivil.org>.

## 2.2.1.2. Tipos de concreto.

### 2.2.1.2.1. Concreto simple.

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta del cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Abanto Castillo, 2017).

### 2.2.1.2.2. Concreto armado.

Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (Abanto Castillo, 2017)

### 2.2.1.2.3. Concreto premezclado.

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra. (E.060 RNE, 2009).



#### **2.2.1.2.4. Concreto bombeado.**

Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final (E.060 RNE, 2009)

#### **2.2.1.2.5. Concreto ciclópeo.**

Se denomina así al concreto simple que está complementado con piedras emplazadas de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente recubierta de concreto simple. (Abanto Castillo, 2017).

#### **2.2.1.2.6. Concreto líquido o grout.**

Se denomina concreto líquido o grout, al material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

El concreto líquido o grout se emplea para rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP 399.609 y 399.608. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

Según los comentarios a la Norma Técnica de Edificación E – 070 Albañilería Informe Final del Ing. Angel San Bartolomé define al concreto líquido o grout como un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua.

De igual manera comenta que este se emplea para rellenar los alveolos de las unidades de albañilería en la construcción de muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un solo conjunto estructural. Y para todo ello se tiene en cuenta la Norma Técnica Peruana 399.609 y 399.608.

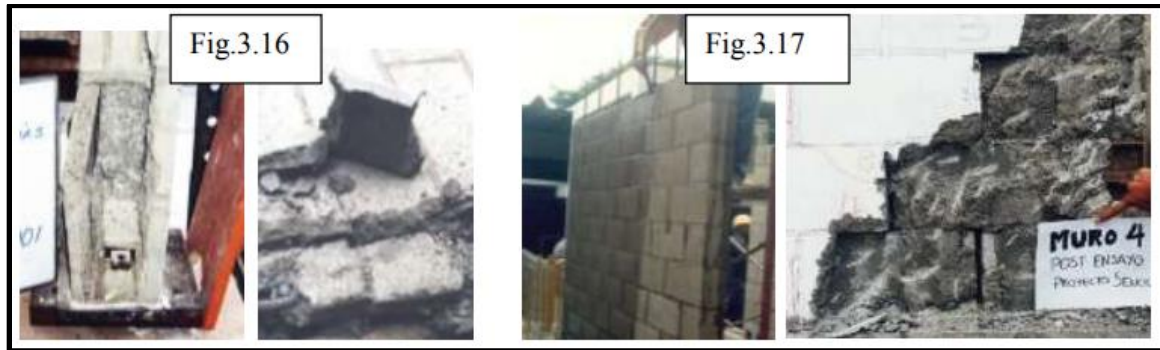


Figura 4: Concreto líquido utilizado en muros de albañilería.

Fuente: Comentarios a la norma técnica de edificación E. 070 albañilería informe final.

**Clasificación:** El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alveolos de la unidad de albañilería es inferior a 60mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alveolos sea igual o mayor a 60mm. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

**Comentario:** Las celdas de los bloques de arcilla y de sílice-cal miden menos de 60mm en su menor dimensión (fig. 3.18), mientras que las celdas de los bloques de concreto miden más de 60 mm en su menor dimensión (fig. 3.19). (Bartolome, 2005)



Figura 5: Construcción de muro armado.

Fuente: Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E. 070 Albañilería.

### Componentes:

- a) Los materiales aglomerantes serán:
  - Cemento Portland I, NTP 334.009
  - Cemento adicionado IP, NTP 334.830
  - Una mezcla de cemento Pórtland o adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002
- b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 1. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los

ensayos de pilas y muretes que proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

Tabla 1: Granulometría de confitillo.

<b>Granulometría del confitillo</b>	
Malla ASTM	% Que Pasa
1/2 pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4.75 mm)	10 a 30
N° 8 (2.36 mm)	0 a 10
N° 16 (1.18 mm)	0 a 5

Fuente: Norma Técnica de Edificación E. 070 Albañilería.

- c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 13.
- d) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**Preparación y fluidez.-** Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 2), serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

Tabla 2: Composición volumétrica del concreto líquido o grout.

<b>COMPOSICIÓN VOLUMETRICA DEL CONCRETO LÍQUIDO o GROUT</b>				
CONCRETO LIQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
Fino	1	O a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes.	_____
Grueso	1	O a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes.	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

Fuente: Norma Técnica de Edificación E. 070 Albañilería.

**Comentario:** Generalmente, en la preparación del grout grueso se utiliza una mezcla cemento-arena confitillo (o piedra de 1/4") 1: 2 1/2: 1 1/2, puesto que el grout se vacía desde una gran altura, puede segregarse en la base. Una manera de atenuar este problema es empleando

un grout con menor cantidad de confitillo: 1: 3: 1, aunque la resistencia a compresión disminuirá, pero será mayor que el valor mínimo especificado en el ítem 3.3.5.

**Resistencia:** El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f'c$  13,72MP equivalente a 140kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia a compresión  $f'c$  será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

Las probetas tendrán una esbeltez igual a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad. (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)

### 2.2.1.3. Propiedades del concreto.

#### 2.2.1.3.1. Propiedades en estado fresco.

- **Trabajabilidad.** - Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante un tiempo determinado según sea la calidad del cemento. actualmente la trabajabilidad se puede medir con la aguja de Vicat en función del tiempo de fraguado o endurecimiento. (Abanto Castillo, 2017)
- **Consistencia.** - Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Se determina mediante el ensayo del Revenimiento - Slump mediante la utilización del Cono de Abrams. (Abanto Castillo, 2017)
- **Segregación.** - Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, separación del agregado grueso del mortero. Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. (Abanto Castillo, 2017)
- **Exudación.** - Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los

agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla #100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a la estructura, lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Pasquel Carbajal, 1998).

- **Contracción.** - Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia el concreto. La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento, y es la contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (Pasquel Carbajal, 1998).

#### 2.2.1.3.2. Propiedades en estado endurecido.

- **Elasticidad.** - Es la capacidad del concreto de deformarse bajo la acción de una carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. (Pasquel Carbajal, 1998).
- **Módulo de Elasticidad.**- Generalmente se conoce como la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva. (Rivva Lopez, 2014)

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm<sup>2</sup>, y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. (Pasquel Carbajal, 1998).

- **Resistencia.** - Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción y flexión, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración

de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que completan la estructura del concreto. (Pasquel Carbajal, 1998).

- **Extensibilidad.** - Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes. (Pasquel Carbajal, 1998).
- **Durabilidad.** - Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie. (Abanto Castillo, 2017).
- **Impermeabilidad.** - Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto Castillo, 2017).

### 2.2.2. Componentes del concreto.

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente

demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998).

### 2.2.2.1. Cemento Portland.

#### 2.2.2.1.1. Definición.

El Cemento Portland es el material de construcción más importante en que se emplea un aglomerante. El conocimiento de los factores que influyen en los componentes del concreto, o sea, el cemento portland y los agregados son esenciales en la producción del concreto y su comportamiento. (Merrit, 1999)

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. (Merrit, 1999)

Tabla 3: Componente del cemento Portland, antes de su fabricación.

PORCENTAJE	COMPONENTES	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de calcio (CaO) 50 - 75 %	Rocas calizas
	Oxido de sílice (SiO <sub>2</sub> ) 15 - 30 %	Areniscas
	Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O) 5 - 15 %	Piedras arcillosas
	Oxido de fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 5 - 15 %	Arcillas, minerales de hierro, piritita
5%	Oxido de magnesio, sodio	Minerales varios
	Potasio, titanio, azufre	
	Fosforo y magnesio	

Fuente: <http://ingcivil.org>.

#### 2.2.2.1.2. Composición del cemento Portland.

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final con la adición de yeso (4% hasta 6%), se obtiene los siguientes compuestos establecidos que son los que definen el

comportamiento del cemento hidratado y que detallamos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente.

Los químicos del cemento usan las siguientes abreviaturas para describir los compuestos:

- $A=Al_2O_3$ ,  $C=CaO$ ,  $F=Fe_2O_3$ ,  $H=H_2O$ ,  $M=MgO$ ,  $S=SiO_2$ ,  $S=SO_3$

A continuación, se muestran los principales componentes del cemento con sus respectivas abreviaturas químicas:

Tabla 4: Resumen de componentes del cemento portland, después de su fabricación.

COMPONENTE	NOMBRE QUÍMICO	SÍMBOLO QUÍMICO	ABREVIACIÓN QUÍMICA	NOMBRE MINERAL	% APROX. EN EL CEMENTO
<b>Clinker</b>	Silicato tricálcico.	$3CaO-SiO_2$	<b>C<sub>3</sub>S</b>	<b>Alita</b>	50% -70%
	Silicato dicálcico.	$2CaO-SiO_2$	<b>C<sub>2</sub>S</b>	<b>Belita</b>	15% -30%
	Aluminato tricálcico.	$3CaO-Al_2O_3$	<b>C<sub>3</sub>A</b>	----	5% -10%
	Ferro aluminato tetracálcico.	$4CaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$	<b>C<sub>4</sub>AF</b>	<b>Celita</b>	5% -15%
<b>Sulfatos de calcio</b>	Sulfato de calcio anhidro.	$CaSO_4 = CaO-SO_3$	<b>C<math>\underline{S}</math></b>	<b>Anhidrita</b>	----
	Sulfato de calcio dihidratado.	$CaSO_4 -2H_2O = CaO-SO_3 -2H_2O$	<b>C<math>\underline{S}</math>H<sub>2</sub></b>	<b>Yeso</b>	3.5% -5%

Fuente: Propia.



Cada uno de ellos aporta de distinta manera a las características del cemento, y finalmente al comportamiento del concreto fresco y endurecido.

Tabla 5: Propiedades aportadas al cemento por componentes principales del Clinker.

Compuesto	Fraguado	Desarrollo de resistencia	Contribución a la resistencia	Calor de hidratación	Estabilidad química
C <sub>3</sub> S	Rápido	Rápido	Alta (a poca edad)	Alto	Buena
C <sub>2</sub> S	Lento	Lento	Alta (a baja edad)	Regular	Muy buena
C <sub>3</sub> A	Muy rápido	Muy rápido	Baja	Muy alto	Mala
C <sub>3</sub> AF	Lento	Lento	Muy Baja	Bajo	Buena

Fuente: Tesis - (Catalan Arteaga, 2013).

#### 2.2.2.1.3. Mecanismo de hidratación del cemento Portland.

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. (Pasquel Carbajal, 1998)

La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente en el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener. (Pasquel Carbajal, 1998).

Dependiendo de las temperaturas, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación. (Pasquel Carbajal, 1998)

- **Estado plástico.** -Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente. (Pasquel Carbajal, 1998)
- **Fraguado inicial.** - Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. (Pasquel Carbajal, 1998).

- **Fraguado final.** - Se obtiene el término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas. (Pasquel Carbajal, 1998).
- **Endurecimiento.** - Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida. (Pasquel Carbajal, 1998).

#### 2.2.2.1.4. Tipos de cemento.

Los tipos de cemento portland se clasifican de la siguiente manera:

- **Tipo I:** (Común), destinado a obras en general que le exigen propiedades especiales.
- **Tipo II:** Destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación
- **Tipo III:** Desarrolla altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Desarrolla bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos

Tabla 6: Composición de distintos tipos de cemento portland.

Tipos de cemento Portland		Composición en % peso			
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>2</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Común	Tipo I	55	20	12	9
Moderado (calor y resistencia al sulfato)	Tipo II	45	30	7	12
Endurecimiento rápido	Tipo III	65	10	12	8
Bajo calor de hidratación	Tipo IV	25	50	5	13
Resistente al sulfato	Tipo V	40	35	3	14

Fuente: Tesis - (Catalan Arteaga, 2013).

### 2.2.2.2. Puzolana.

#### 2.2.2.2.1. Definición.

El ACI 116R, define la puzolana como: “material silíceo o sílico aluminoso, que en sí mismo puede poseer un pequeño o nulo valor cementante, pero finamente dividido y en presencia de humedad ( $H_2O$ ) reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperatura normal formando compuestos con propiedades cementicias”.

#### 2.2.2.2.2. Tipos de puzolana.

- **Puzolanas naturales:**

- **Rocas volcánicas.** - Producido por enfriamiento brusco de lava volcánica (Cenizas volcánicas, piedra pómez, las tobas, escoria y obsidiana).
- **Rocas o suelos.** - Su constituyente silíceo contiene ópalo por precipitación de sílice o de los residuos de organismos (tierras diatomeas, arcillas calcinadas por calor de lava).

- **Puzolanas artificiales:**

- **Cenizas volantes.** - Producidas por la combustión del mineral Lignito.
- **Arcillas calcinadas.** - Producida de la quema de ladrillos de arcilla sometidas a temperaturas superiores a  $800^\circ$ .
- **Escorias de fundición.** - Producida en la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos.
- **Cenizas de restos agrícolas.** - Producida de la quema de cascarilla de arroz y la paja de la caña de azúcar.

#### 2.2.2.2.3. Propiedades de puzolana.

La calidad de la puzolana depende de sus propiedades físico-químicas como el de su estructura interna.

Se prefiere puzolanas con composición química tal que la presencia de la suma de los 03 óxidos ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$ ) sean mayor del 70%, logrando que su estructura interna sea irregular (amorfa).

Tabla 7: Propiedades físicas de la puzolana.

PH	7
PUNTO DE FUSIÓN	$800^\circ - 900^\circ$ C.
PUNTO DE INFLAMABILIDAD	No inflamable.
ASPECTO FÍSICO	Sólido

FORMA	Granulado o en rocas.
COLORES	Rojizo-rosado o negro.
OLOR	Inodora
SOLUBILIDAD EN AGUA	Insoluble

Fuente: Tesis - (Carrasco Flores & Quintanilla Cuellar, 2015).

Tabla 8: Propiedades químicas de la puzolana.

ELEMENTO	PORCENTAJE SOBRE LA MASA TOTAL (%)
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	65%
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14%
Óxido de Calcio (CaO)	5%
Óxido Férrico	4%
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	3%
Otros óxido (**)	9%

Fuente: Tesis - (Carrasco Flores & Quintanilla Cuellar, 2015).

### 2.2.2.3. Cemento Portland Puzolánico tipo IP.

#### 2.2.2.3.1. Definición.

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total.

Según, (cemento portland puzolánico IP (Yura) - Ficha Técnica, 2014, “Es un producto fabricado a base de clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos, logrando un alto grado de finura, que le brinda propiedades especiales permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir al intemperismo, ataques químicos (sulfatos, carbonatos y otros), y otros deterioros”.

Tabla 9: Características técnicas del cemento Portland Puzolánico tipo IP-Yura.

Requisitos químicos	Cemento Portland Puzolánico Yura tipo IP		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
MgO (%)	1.99		6.00 Máx.	
SO <sub>3</sub> (%)	1.75		4.00 Máx.	
Pérdida por ignición (%)	2.14		5.00 Máx.	
Requisitos físicos	Cemento Portland Puzolánico Yura tipo IP		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.85		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Min.	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.	
Resistencia a la compresión	kgf/cm <sup>2</sup>	Mpa	kgf/cm <sup>2</sup>	Mpa

1 días	104	10	-	-
3 días	199	20	133 Min.	13
7 días	247	24	204 Min	20
28 días	342	34	255 Min.	25
60 días	397	39	-	-

Fuente: Ficha Técnica Cemento Portland Puzolánico Yura IP (Alta Durabilidad).

### 2.2.2.3.2. Propiedades del cemento Portland Puzolánico tipo IP

- **Mayor resistencia a la compresión.** - Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberando de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan resistencia adicional al cemento.
- **Mayor permeabilidad.** - La puzolana que contiene este cemento, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicato de calcio, sellando los poros y haciendo un concreto más impermeable, y protege a la estructura metálica de la corrosión.
- **Resistencia a los sulfatos.** - Con el contenido de puzolana que tiene este cemento es impermeable el cual protege o es más resistente a los sulfatos y otros ataques químicos.

Tabla 10: Resistencia a los sulfatos del Cemento Portland Puzolánico IP.

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento YURA IP	Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma NTP 334.009 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Máx.

Fuente: Ficha Técnica Cemento Portland Puzolánico Yura IP (Alta Durabilidad).

- **Disminuye la reacción nociva álcali-agregado.** - El contenido de puzolana remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva Álcali-Agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivo.
- **Menor calor de hidratación.** - La presencia de puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio inhibe esta reacción generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y figuraciones.

### 2.2.2.3.3. Beneficios del cemento Portland Puzolánico tipo IP:

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.

Para esta investigación se utilizó el Cemento Portland Puzolánico tipo IP (Yura), que es un derivado del cemento Portland tipo I, además es el cemento más comercializado en nuestro medio.

### 2.2.2.4. Agua para la elaboración del concreto.

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales, si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El agua de mezcla en el concreto, deberá cumplir con los parámetros (N.T.P. 339.088, 2014), y tiene como funciones los siguientes puntos:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad de la mezcla.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Tabla 11: Calidad del agua para la elaboración y curado del concreto.

Límites permisibles para el agua de mezcla y de curado según la norma NTP 339.008	
Descripción	Límite permisible
1) Límite en suspensión	5000 ppm máximo
2) Materia orgánica	3 ppm máximo
3) Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm máximo
4) Suelo (ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm máximo
5) Cloruros (ion Cl)	1000 ppm máximo
6) Ph	5 a 8

Fuente: Norma Técnica Peruana - (N.T.P. 339.088, 2014).

- Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.
- El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

- Para la utilización del agua de mezcla nos basamos en obra la utilización del agua potable, apta para consumo humano.
- Hay que destacar que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para la elaboración de mortero y concreto, siendo el tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.
- Para la elaboración del concreto, el pH del agua estará comprendida entre 5.5 y 8.



Figura 6: Agua de mezcla bebible y potable.

Fuente: (Diario: "El Correo", 2010).

### 2.2.2.5. Agregados.

#### 2.2.2.5.1. Definición

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. (Rivva Lopez, 2014).

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (Rivva Lopez, 2014)

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. (Rivva Lopez, 2014)

#### 2.2.2.5.2. Tipos de canteras de agregados.

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. (Rivva Lopez, 2014)

Existen dos tipos fundamentales de canteras:

- **Canteras fluviales.** - Las de formación de aluvión, llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas. (Rivva Lopez, 2014)
- **Cantera de roca.** - Otro tipo de canteras son las denominadas de roca, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas. Sus características físicas como dureza, elasticidad, flexión, cristalización, rugosidad, etc. dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos. De estas canteras obtenemos agregados como: Piedra chancada de diferentes tamaños, confitillo, piedra mediana, piedra grande. (Rivva Lopez, 2014)
- Estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos. (Rivva Lopez, 2014).

### 2.2.2.5.3. Clasificación de los agregados.

#### 2.2.2.5.3.1. Clasificación por su origen.

Por su origen los agregados se clasifican en agregados naturales y agregados artificiales. Se considera como:

- **Agregados naturales:** Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto. (Rivva Lopez, 2014).
- **Agregados artificiales:** Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. (Rivva Lopez, 2014)

#### 2.2.2.5.3.2. Clasificación por su tamaño.

De acuerdo a su tamaño los agregados se clasifican en: Agregado fino y agregado grueso.

- **Agregado fino:** Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200. (Rivva Lopez, 2014).



- **Agregado grueso:** Es aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4. (Rivva Lopez, 2014)

Tabla 12: Clasificación según el tamaño.

Tamaño de partícula en (mm) tamiz	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0.002	Arcilla	Fracción muy Fina
0.002 - 0.074 (#200)	Limo	
0.075 - 4.76 (#200 - #4)	Arena	Agregado Fino
4.76 - 19.10 (#4 - 3/4")	Gravilla	Agregado Grueso
19.10 - 50.80 (3/4" - 2")	Grava	
50.80 - 152.40 (2" - 6")	Piedra Mediana	
> 152.40 (6")	Piedra Grande	

Fuente: Elaborado por Gómez Jurado Sarria.

#### 2.2.2.5.4. Características físicas de los agregados

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. (Pasquel Carbajal, 1998).

- Condiciones de saturación.
- Peso unitario.
- Peso específico.
- Porcentaje de vacíos.
- Absorción.
- Porosidad.
- Humedad.

#### 2.2.2.5.5. Condiciones de saturación de los agregados.

En la que se han esquematizado las condiciones de saturación de una partícula ideal de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial, pudiéndose asimilar visualmente los conceptos de saturación en sus diferentes etapas:

Donde:

- Seco (Secado al horno)
- Parcialmente saturado (Estado natural en el medio ambiente)
- Saturado con la superficie seca; poros llenos de agua y seco en la superficie.
- Saturado húmedo en la superficie; poros llenos de agua y húmedo en la superficie (con una película de Agua).

#### **2.2.2.5.6. Agregados comercializados en la ciudad del Cusco.**

Se realizó la visita a las tiendas distribuidoras de agregados más concurrentes de nuestra ciudad (Cusco) y entre ellos tenemos los agregados de las canteras de Cunyac, Vicho, Mina Roja (Tres de Mayo), Huillque, Pisaq-Lamay, Huambutío y entre otros.

De los cuales se escogió el agregado fino de la cantera de Cunyac (arena gruesa), agregados que son recomendados por los mismos distribuidores y diferentes ingenieros especialistas en la rama de la tecnología del concreto.

Estos agregados desde su almacenamiento son derivados a las diversas obras que se ejecutan en nuestro medio, con características aceptables por parte de las diferentes entidades constructoras ya sean privadas o del estado.

Siendo así estos agregados cumplen con las características de agregado ideal en cuanto a los parámetros básicos de la Norma Técnica Peruana, como, por ejemplo:

- Según impurezas orgánicas en el agregado fino (N.T.P. 400.013, 2013).
- Según a la resistencia mecánica (Abrasión) para el agregado grueso establecido en su Tabla N°4. (N.T.P. 400.037, 2014).

##### **2.2.2.5.6.1. Cantera de Cunyac.**

Yacimiento situado a 80 Km aproximadamente con respecto de la ciudad del Cusco, cuyos depósitos se hallan en sus lechos del mismo río.

Dicho yacimiento se encuentra en ambas márgenes del río Apurímac, donde el cauce del río es frontera entre la provincia de Anta del departamento del Cusco (margen derecha) y el distrito de Curahuasi, provincia de Abancay del departamento de Apurímac (margen izquierda), dicho material es extraído de la margen izquierda del río Apurímac que cuenta con un acceso vía (Cusco – Abancay), este agregado es muy utilizado en nuestra ciudad y muy comercializado para las diferentes obras, en calidad de arena fina.





Figura 7: Localización de la cantera Cunyac.

Fuente: Google Maps 2018.

### 2.2.2.6. Agregado fino

#### 2.2.2.6.1. Definición

Se define como agregado fino al proveniente de la desagregación natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 74  $\mu$ m (#200) que cumple con los límites establecidos en la (N.T.P. 400.037, 2014). La arena natural consistirá de arena de río, arena de mar o arena de tajo. La arena manufacturada consistirá de polvo de piedra en su condición natural o lavado que se ajusta a los requisitos de calidad especificados. (N.T.P. 400.037, 2014)

#### 2.2.2.6.2. Características de un buen agregado fino para concreto

- Un buen agregado fino al igual que el agregado grueso debe ser bien graduado para que puedan llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas. (Rivva Lopez, 2014)
- La cantidad de agregado fino que pasa los tamices #50 y #100 afecta la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. (Pasquel Carbajal, 1998).
- Las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz No 50 este entre 10% y 30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo, en los pisos de concreto acabado a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz #50 y 3% el tamiz #100. (Rivva Lopez, 2014)
- El módulo de finura del agregado fino utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2.3 y 3.1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la

arena es muy fina; cuando la arena es muy gruesa se obtienen mezclas ásperas. (Rivva Lopez, 2014)

- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento, si la arena presenta alto contenido de materia orgánica, se le puede lavar o elegir otra, dependiendo del análisis de costos. (Rivva Lopez, 2014)
- Para concreto de alta calidad de resistencia las arenas gruesas, clasificadas y limpias. (Rivva Lopez, 2014)
- Las arenas medias y las arenas finas se utilizan para concretos de menores resistencias.

### 2.2.3. Ensayo a los agregados.

La determinación de las propiedades físico – mecánicas, para la obtención de los valores para el diseño de mezclas, será bajo las consideraciones de la Norma Técnica Peruana en los diferentes ensayos.

#### 2.2.3.1. Granulometría a los agregados.

Para la determinación de la granulometría del agregado grueso y al agregado fino, se adopta los criterios de la (N.T.P. 400.037, 2014), donde tiene como objetivo, a establecer los requisitos de gradación (granulometría), para el uso en la elaboración de un concreto normal.

##### 2.2.3.1.1. Granulometría y módulo de fineza para el agregado fino.

Para la granulometría del agregado fino se tendrá las siguientes consideraciones según la (N.T.P. 400.037, 2014).

Tabla 13: Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.5 mm (3/8")	100%
4.75 mm (#4)	95% - 100%
2.36 mm (#8)	80% - 100%
1.18 mm (#16)	50% - 85%
600 um (#30)	25% - 60%
300 um (#50)	5% - 30%
150 um (#100)	0% - 10%

Fuente: Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

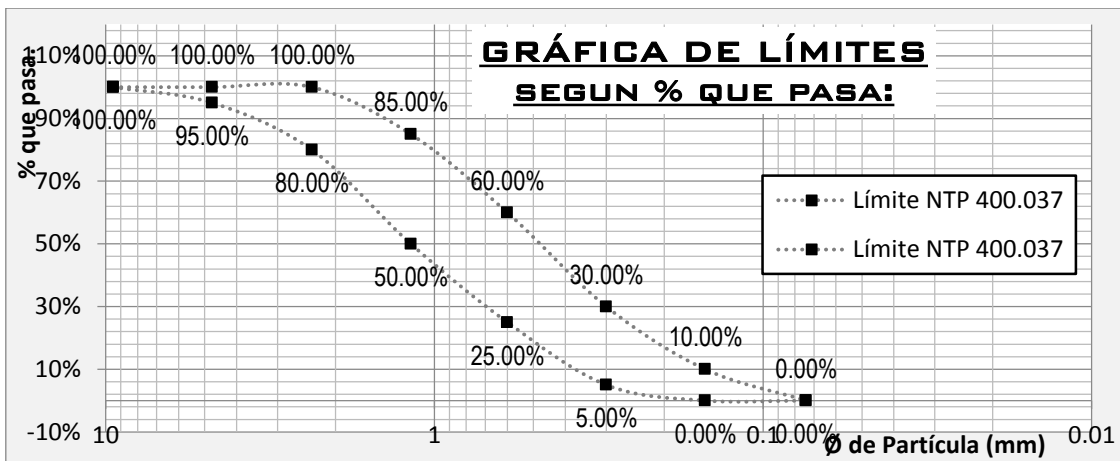


Figura 8: Gráfica de límites granulométricos del agregado fino.

Fuente: Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

La granulometría del agregado fino estará dentro de los límites de las curvas granulométricas del porcentaje que pasa entre las mallas #4 y #100.

Según (N.T.P. 400.037, 2014), el Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1.

Siendo la determinación de cálculo bajo la siguiente expresión.

$$\begin{aligned}
 & \text{Módulo de Fineza} \\
 & = \frac{\sum \% \text{Retenido. Acum. Tamices} (\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100}
 \end{aligned}$$

Es recomendable utilizar arena de depósito (arena para hacer concreto), de tal forma, que no exceda más del 10% del material que pase por tamiz #200. (E. Bowles, 1980, pág. 36).

### 2.2.3.2. Contenido de humedad de los agregados.

La teoría descrita a continuación es basada según (N.T.P. 339.185, 2002), son aplicados para el agregado grueso y el agregado fino.

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en horno), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla. (N.T.P. 339.185, 2002)

- **Seco:**

No existe humedad en el agregado. Se consigue mediante un secado prolongado en un horno a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ . (N.T.P. 339.185, 2002)

- **Seco al aire:**

Cuando existe algo de humedad en el interior del árido o agregado. Es característica, en los agregados que se han dejado secar al medio. (N.T.P. 339.185, 2002)

- **Ambiente.**

Al igual que en estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción. (N.T.P. 339.185, 2002)

- **Saturado y superficialmente seco:**

Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua. Condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua. (N.T.P. 339.185, 2002)

- **Húmedo:**

En este estado existe una película de agua que rodea el agregado, llamado agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. (N.T.P. 339.185, 2002)

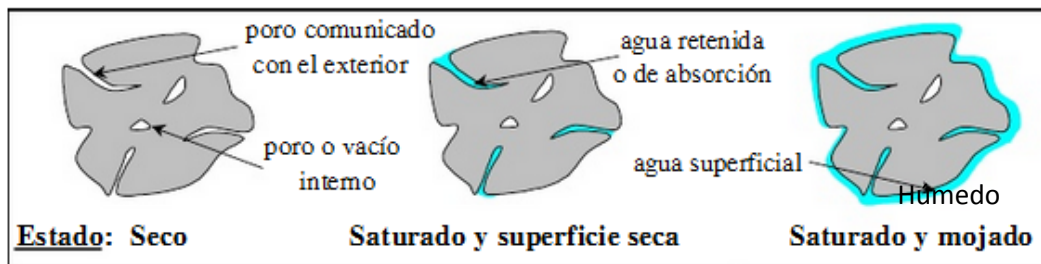


Figura 9: Estados de humedad del agregado.

Fuente: [www.http:// es.scribd.com/doc/propiedades-fisicas-de-los-agregados](http://es.scribd.com/doc/propiedades-fisicas-de-los-agregados).

El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso. El contenido de humedad de una muestra, estará condicionada por el estado en el que se encuentre dicho material, es decir que el contenido de humedad variará teniendo en cuenta la variabilidad climatológica. (N.T.P. 339.185, 2002)

El cálculo del contenido de humedad se realizará bajo la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de Humedad (\% P)} = \frac{W - D}{D}$$

Donde:

W: Peso del agregado en estado natural (g).

D: Peso del agregado secado al horno (g).

### 2.2.3.3. Peso específico y absorción del agregado fino.

La teoría descrita a continuación está basada según (N.T.P. 400.022, 2013), es aplicada para el agregado fino.

Se dice peso específico a la relación entre el peso de muestra a evaluar y su cantidad de volumen de agua desplazado en un envase controlado. (N.T.P. 400.022, 2013)

Para la determinación de los valores del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino se utilizarán las siguientes expresiones: (N.T.P. 400.022, 2013)

<p><b>Peso Específico de Masa:</b></p> $(P_{em}) = \frac{W_o}{(V_f - V_a)} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	<p><b>Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:</b></p> $(P_{eSSS}) = \frac{500}{(V_f - V_a)} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	<p><b>Absorción:</b></p> $(Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100(\%)$
---	--	---

Donde:

$P_{em}$  : Peso específico de masa (g/cm<sup>3</sup>).

$P_{eSSS}$  : Peso específico de masa saturado con superficie seca (g/cm<sup>3</sup>).

Abs : Porcentaje de absorción (%).

$W_o$  : Peso del agregado fino secado al horno, en (g).

$V_f$  : Volumen de la fiola, en (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Volumen de agua añadido a la fiola, cuando el agregado está dentro de la fiola (cm<sup>3</sup>)

500 : Cantidad de agregado fino saturado superficialmente seco (g).

#### 2.2.3.3.1. Uso del cono de absorción.

Instrumento que sirve para determinar la característica del agregado fino en estado saturado con superficie seca.



Figura 10: Cono de absorción.

Fuente:<http://javierlaboratorio.blogspot.pe/2012/10/cono-de-arena.html>.

#### Características:

- Cono de absorción. - Es metálico de forma cónica de  $40\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro en la parte superior,  $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro en la parte inferior y  $75\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de altura.
- Apisonador. - Con un peso de  $340\text{g} \pm 15\text{g}$ , con un extremo de superficie plana circular de  $25\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro de contacto.

#### Procedimiento:

- Se sumerge totalmente el agregado fino en un recipiente con agua durante 24 horas.
- El material se extrae del recipiente y se empieza a secar solo la superficie con la ayuda de una estufa u otro elemento.
- A medida que se va secando solo la superficie del agregado fino se realiza la comprobación en el cono de absorción.
- Se llena el cono de absorción en 03 etapas, los cuales en cada etapa se apisona 25 veces de forma distribuida con el apisonador metálico, de tal forma que en la última etapa se debe enrasar.
- Se retira el molde cono de absorción de manera vertical.
- Debe verificarse los resultados de pico perfil. Resultado o interpretación:

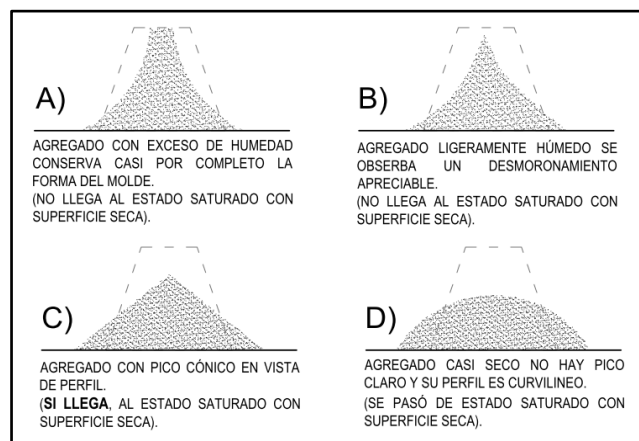


Figura 11: Estado saturado con superficie seca del agregado fino en el cono de absorción.



Fuente: internet.

#### 2.2.3.4. Peso unitario de los agregados.

La teoría descrita a continuación está basada según (N.T.P. 400.017, 1999), son aplicados para el agregado grueso y el agregado fino.

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm. (N.T.P. 400.017, 1999)

El cálculo del peso unitario se realizará bajo las siguientes expresiones:

**PESO UNITARIO SUELTO**

$$PUs = \frac{Gsc - T}{Ve} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

$$PUc = \frac{Gco - T}{Ve} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Donde:

PU<sub>s</sub> : Peso unitario seco suelto (g/cm<sup>3</sup>)

PU<sub>c</sub> : Peso unitario seco compactado (g/cm<sup>3</sup>)

G<sub>sc</sub> : Peso del envase más la muestra seca, sin compactar (g).

G<sub>co</sub> : Peso del envase más la muestra seca, compactado (g).

T : Peso del envase (g).

G<sub>sc</sub> - T : Muestra (sin compactar) (g).

G<sub>co</sub> - T : Muestra (compactado) (g).

V<sub>e</sub> : Volumen del envase (cm<sup>3</sup>).

#### 2.2.3.5. Contenido de vacíos en los agregados.

Es el volumen expresado en porcentaje de los espacios entre partículas de los agregados se calcula el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado según (N.T.P. 400.017, 1999), como sigue:

**Contenido de Vacíos:**

$$\% \text{ vacíos} = \frac{100[(S \times W) - M]}{S \times W}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>.

S = Peso específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022.

W = Densidad del agua, 1000 kg/m<sup>3</sup>.

#### 2.2.3.6. Resumen de ensayos a los agregados de esta investigación.

En este punto se determina las propiedades de los agregados según lo indicado en las normas como son las siguientes:

Para agregado fino (cantera): estos ensayos se realizarán a la mezcla del agregado de 65%(Cunyac).

- Análisis granulométrico (módulo de fineza), (N.T.P. 400.037, 2014).
- Contenido de humedad, (N.T.P. 339.185, 2002).
- Peso específico seco y porcentaje de humedad, (N.T.P. 400.022, 2013).
- Peso unitario, (N.T.P. 400.017, 1999).

#### 2.2.4. Aditivos para concreto

Según (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & y Tanesi, 2004). Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado. Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, como sigue:

- Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire)
- Aditivos reductores de agua
- Plastificantes (fluidificantes)
- Aditivos aceleradores (acelerantes)
- Aditivos retardadores (retardantes)
- Aditivos de control de la hidratación
- Inhibidores de corrosión
- Reductores de retracción
- Inhibidores de reacción álcali-agregado
- Aditivos colorantes
- Aditivos diversos, tales como aditivos para mejorar la trabajabilidad (manejabilidad), para mejorar la adherencia, a prueba de humedad, impermeabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumante y auxiliares de bombeo.

El concreto debe ser trabajable, fácilmente acabado, fuerte, durable, estanque y resistente al desgaste. Estas calidades se las puede obtener fácil y económicamente con la selección de los

materiales adecuados, preferiblemente al uso de aditivos (a excepción de los inclusores de aire cuando necesarios). (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & y Tanesi, 2004)



Figura 12: Aditivos para concreto.

Fuente: <http://www.concremax.com.pe/noticia/tiposaditivosconcreto>.

### 2.2.5. Resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico MTC E 617

- **Objetivo**

Determinar la resistencia a la flexión, de morteros de cemento hidráulico.

- **Finalidad y alcance**

La resistencia a la flexión de morteros del cemento Portland. Los valores determinados por este método serán para propósitos de investigación o de referencia solamente y no se utilizarán para determinar la conformidad con los requisitos de las especificaciones.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados en el presente método.

- **Referencia normativa**

NTP 334.120: Cementos. Método de ensayo normalizado de resistencia a la flexión de morteros cemento Portland.

ASTM C 348: Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic - Cement Mortars.

- **Equipos, instrumentos y materiales**

#### Equipos

- Balanza y pesas de capacidad 1000 g  $\pm$  0,1 g.
- Mezcladora, paleta, recipiente de mezcla y raspador
- Deben cumplirse con los requisitos establecidos en la norma MTC E-611 (mezcla mecánica de pastas de cemento y morteros de consistencia plástica).
- Mesa de flujo, de acuerdo con la norma MTC E616 "Fluidez de morteros".



- Dispositivo de Flexión y accesorios. Los dispositivos para la prueba de flexión, se muestran en las figuras 13 y 14 serán diseñados en tal forma que cumplan con los siguientes requisitos:

- a) La muestra del concreto líquido fino “grout” fraguado será cargada en su punto medio.
- b) Las distancias entre los puntos de apoyo y el de aplicación de la carga, permanecerán constantes.
- c) La carga será aplicada normal a la superficie de la muestra de manera que no produzca excentricidades.
- d) Las direcciones de las reacciones serán paralelas a la de la carga aplicada durante el ensayo.
- e) La carga será aplicada a velocidad uniforme y sin producir impacto.

Estos dispositivos pueden ser acoplados a la máquina de compresión o a la de tensión, respectivamente. Si se emplea una máquina de compresión hidráulica, con suficiente abertura entre las superficies de apoyo para permitir el uso de los aparatos de comprobación, deberá usarse el dispositivo mostrado en la Figura 13. Si se utiliza máquina de tensión, MTC E 615, se utilizará el dispositivo mostrado en la Figura 14.

- Moldes. Serán contruidos de metal no atacable por los morteros de cemento y de espesor tal, que no presenten deformaciones al ser llenados con la muestra; constarán de tres (3) compartimentos de 40 mm x 40 mm x 160 mm (1,575 pulg x 1,575 pulg x 6,3 pulg) cada uno, con las siguientes tolerancias para el ancho y alto: de  $\pm 0,13$  mm (0,01 pulg) para moldes nuevos, o 0,25 mm ( $\pm 0,02$  pulg) para moldes en uso; la longitud puede variar en  $\pm 2,54$  mm ( $\pm 0,10$  pulg). Las caras interiores serán planas; los ángulos entre dos caras interiores adyacentes deben ser de  $90^\circ \pm 0,5^\circ$ . El molde debe colocarse sobre una placa de unos 10 mm (3/8 pulg) de espesor, con una superficie plana de 178 mm (7 pulg) por 203 mm (8 pulg) con variación permisible de 0,025 mm (0,001 pulg).
- Apisonador. Será de un material no absorbente ni quebradizo, como caucho de dureza media o madera curada, deberá cumplir con la forma y dimensiones de la MTC E 615.
- Guía del compactador. Se construirá de un metal no atacable de dureza no inferior 55B, resistente al ataque del mortero, como bronce. Se deberá apoyar en forma plana sobre el molde y no deberá sobresalir sobre ningún borde interior de la forma más de 0,40 mm. La altura de la guía deberá ser 25 mm.

## Instrumentos

- Probeta graduada de 250 ml  $\pm$  1 ml, a 20 °C.
- Tamices.
- Espátula o badilejo de acero de 112 mm x 254 mm.

### Materiales

- Agua desionizada o destilada (la temperatura del agua durante la mezcla será de 23 °C  $\pm$  1,7 °C, dentro del rango del ambiente de mezclado, 20 °C – 27,5°C).
- Arena gradada normalizada, del tipo Ottawa, o la especificada en el ensayo, MTC E 615 “Resistencia a la tensión de morteros de cemento”

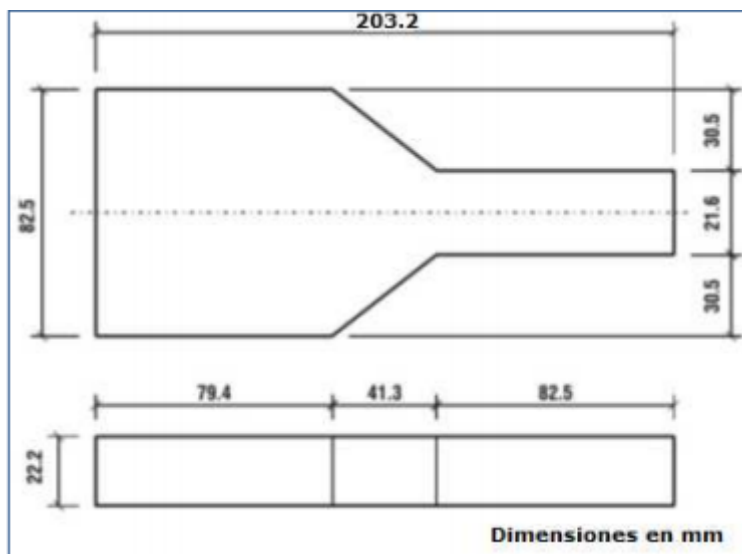


Figura 13: Compactador.

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

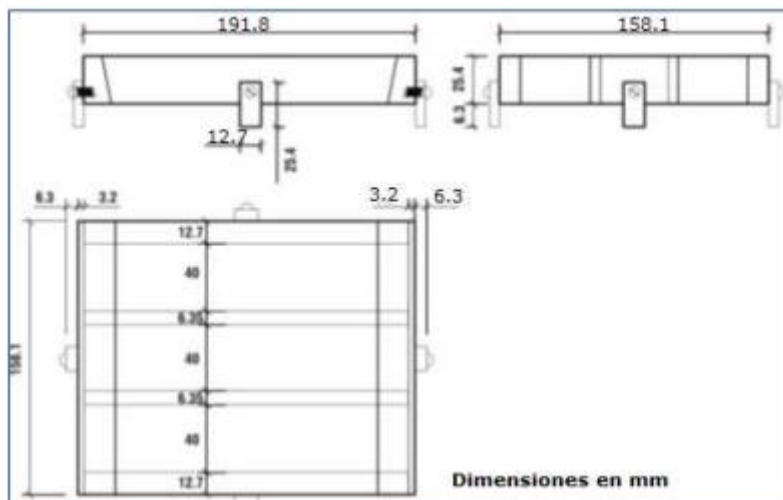


Figura 14: Guía del compactador.

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

- **Muestra**

Deben prepararse tres (3) o más muestras para cada periodo de ensayo. La temperatura del ensayo estará entre 20 °C y 27,5 °C; el agua de amasado estará a 23 °C ± 1,7 °C. La humedad relativa no será menor del 50%.

Las proporciones en peso para formar un mortero normal, deben ser de una (1) parte de cemento y 2,75 partes de arena gradada seca. Para obtener tres (3) muestras, deberán usarse 500 g de cemento y 1375 g de arena.

La cantidad de agua de amasado, dada en ml, será la que produzca una fluidez de 110 ± 5, determinada de acuerdo con la norma MTC E 616 “Fluidez de Morteros de Cemento Hidráulico”. La mezcla se ejecutará mecánicamente, según la norma MTC E 611 “Mezcla mecánica de pastas y morteros de consistencia plástica”.

- **Procedimiento**

#### **Preparación y llenado de moldes**

- Aplicar una capa delgada de aceite mineral ligero o grasa lubricante ligera a los moldes y a las superficies de contacto de los elementos separables revestir con una capa de aceite mineral pesado. Luego, unir los elementos que componen el molde y eliminar los excesos de aceite o grasa en cada uno de los compartimentos, colocar el molde en una placa plana no absorbente y cubierta con una capa delgada de aceite mineral. En la parte exterior de las juntas de los elementos, se aplicará una mezcla de tres (3) partes en peso parafina y cinco (5) de resina, o cera, calentadas entre 110 °C y 120 °C, para impermeabilizar las juntas.
- Preparado el mortero y remezclado por 15 segundos a velocidad lenta, se vierte una capa de aproximadamente 20 mm de espesor, uniformemente distribuida en cada compartimiento, acoplado previamente la guía del compactador al molde y se procede a compactar el mortero en cada molde, por 12 veces, aplicadas en tres (3) etapas de 4 golpes cada una, como se muestra en el esquema. Para dar cada golpe del compactador, se coloca la cara inferior de éste en posición horizontal a unos 25 mm de la superficie de la capa, y se baja verticalmente con una fuerza tal, que haga salir una pequeña cantidad de mortero debajo de la superficie de compactación. Se termina el llenado total de los compartimentos con capas de mortero uniformemente distribuidas, que se compactan en la forma utilizada con la primera capa.

- Retirar la guía de compactación y alisar la superficie de la muestra; enrasar y eliminar el exceso de mortero; reparar las rajaduras en la cara superior y alisar la superficie con 2 o 3 pasadas del palustre. Las muestras se almacenan como se indica en el ensayo MTC E 609 compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50,8 mm.)
- Orden de apisonado de las capas.

Tabla 14: Orden de apisonado de las capas.

1	2
3	4

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

• **Medición de la resistencia a la flexión**

Las muestras que van a ser ensayadas a las 24 horas se sacan de la cámara húmeda, se secan y limpian superficialmente y se pasan a la máquina de prueba. Si son varias las muestras que se sacan de la cámara húmeda o del tanque, se cubrirán con una toalla húmeda. Todas las muestras se probarán dentro de las siguientes tolerancias:

Tabla 15: Tabla de tolerancias.

Edad de la muestra	Tolerancia
24 horas	± 1/2 hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

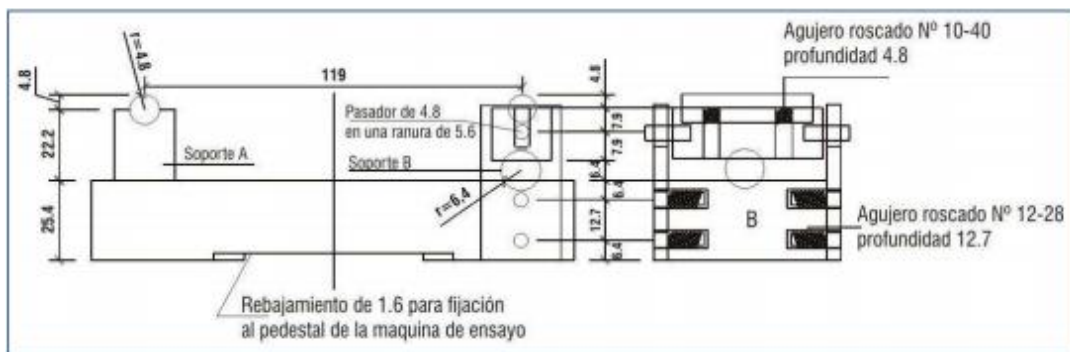
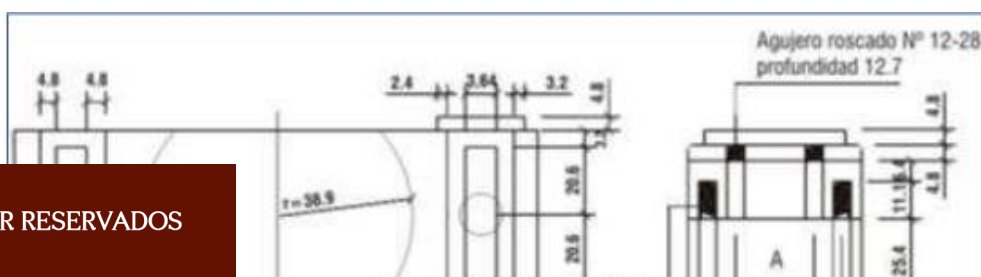


Figura 15: Detalles de apoyo para rotura a flexión.

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.



Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

Figura 16 : Detalles apoyo para prueba de rotura a flexión.

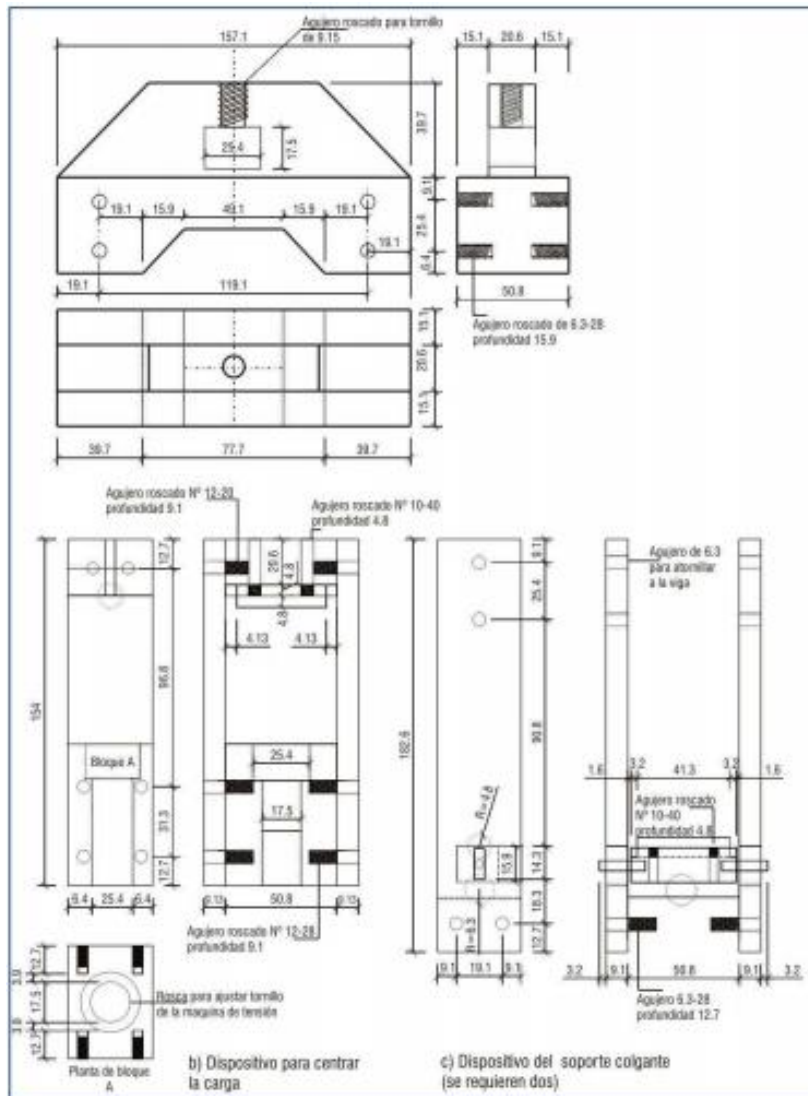


Figura 17: Dispositivos especiales para ensayar prisma de mortero de 40 x 40 x 160 mm.

Fuente: Manual de ensayos de materiales – MTC.

- **Cálculos e informe**



## Cálculos

Se anota la carga máxima de rotura y se calcula la resistencia en KPa como sigue:

$$S = 0.28 * P$$

Donde:

S = Resistencia a la flexibilidad, KPa

P = Carga máxima total, N

La resistencia del mortero a la flexión es el promedio de los resultados obtenidos con la misma muestra (bachada) y en el mismo periodo de ensayo. De acuerdo a la norma MTC E 617.

Nota 1. Las muestras defectuosas o las resistencias que difieran más del 10% del promedio no se tendrán en cuenta para promedio.

- **Precisión y dispersión**

### Precisión

Los siguientes valores de la precisión son aplicables cuando un resultado del ensayo, es el promedio de los ensayos de resistencia a la flexión de los tres prismas moldeados de una tanda simple de mortero y ensayados a la misma edad. Los morteros con cemento hidráulico se ensayarán a los 3, 7 y 28 días. La precisión de un laboratorio se ha establecido en 5,1 %. Por lo tanto, los resultados de dos pruebas correctamente efectuadas de tandas simples de morteros hechos con los mismos materiales en el mismo día o dentro de la misma semana, no deberán diferir cada uno del otro por más del 14,4% de su promedio.

Precisión multilaboratorio: El coeficiente de variación multilaboratorio se ha establecido en 8,4 %. Por lo tanto, los resultados de los ensayos apropiadamente efectuados de una misma tanda por dos laboratorios diferentes, no deberán diferir en más del 23,8 % de su promedio.

Tabla 16: Granulometría recomendadas de agregado fino para morteros, concretos y grout.

Especificación de granulometría agregado fino (% que pasa)			
Tamiz Nro.	Morteros	Concretos	Grout
3/8"	100	100	100
4	100	100	100
8	95 - 100	95 - 100	80 - 100

16	70 - 100	70 - 100	50 - 85
30	40 - 75	40 - 75	25 - 60
50	10 - 35	20 - 40	10 -30
100	2 - 15	10 - 25	2 - 10
200	0 - 0	0 - 10	-

Fuente: Salamanca Correa Rodrigo. La tecnología de los morteros. 2002.

### 2.2.6. Fluidez

Debe tener las características de una emulsión (mezcla homogénea de 2 líquidos) para que penetre en todas las cavidades del muro y otras estructuras de espacios pequeños. Los factores que determinan la trabajabilidad son la altura para el vertido de la lechada, absorción de las unidades y las condiciones climáticas.



Figura 18: Ensayo de consistencia grout fino.

Fuente: Fotografía Eddy Bonilla y Estudio experimental de cuatro alternativas para medir la falla por deslizamiento en muros de albañilería armada. Perú. 2003

### 2.2.7. Tiempo de fragua del cemento (Aguja de Vicat), Norma de referencia: ASTM C 191

- **Alcance**

Estos métodos de ensayo determinan el tiempo de fragua de un cemento hidráulico por medio de la aguja Vicat. Dos métodos de ensayo son dados: Método A es el Método de Ensayo de Referencia usando el aparato de Vicat estándar operado manualmente, mientras que el Método B permite el uso de un equipo automático de Vicat, de acuerdo con los requerimientos de calificación de este método, demostrando su empleo apropiado.

- **Importancia y aplicación**

Este método de ensayo provee un significado de la determinación del cumplimiento con un límite de especificación del tiempo de fragua por la aguja de Vicat. Referirse a una especificación apropiada para el cemento apropiado para determinar si este ensayo es usado para una especificación de cumplimiento. El tiempo de fragua medido por este método no necesariamente provee los mismos resultados que el tiempo de fragua para pastas de cemento hidráulico medido por otros métodos, o que el tiempo de fragua del mortero o del concreto.

- **Espécimen de ensayo**

Pasta de cemento hidráulico.

- **Resumen procedimiento**

Moldear el espécimen y mantenerlo en la cámara húmeda sin alteraciones por 30 minutos. Realizar penetraciones cada 15 minutos hasta obtener una lectura de 25 mm. Determinar el tiempo de fragua del cemento.

- **Requerimientos para solicitudes**

Se debe aportar al menos 1 kg de cemento.

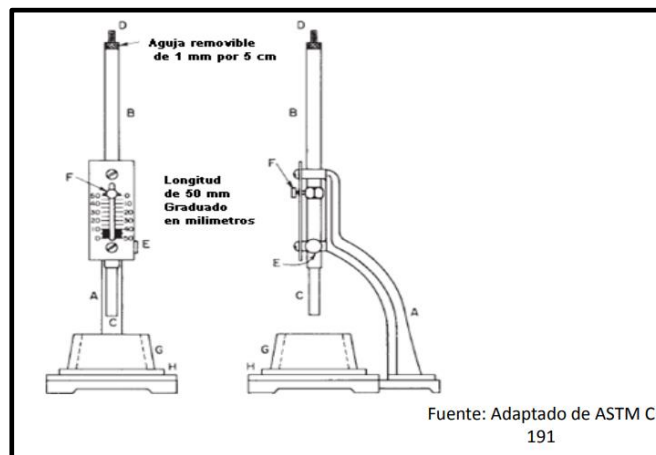


Figura 19: Imagen de la aguja Vicat.

Fuente: ASTM C 191.

### 2.2.8. Dosificación del grout

El concreto líquido grout debe cumplir con siguiente tabla de la norma ASTM C 476.

Tabla 17: Dosificación de lechada por volumen para construcción de albañilería armada.

COMPOSICIÓN VOLUMETRICA DEL CONCRETO LÍQUIDO o GROUT				
CONCRETO LIQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO

Fino	1	O a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes.	_____
Grueso	1	O a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes.	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

Fuente: NTP E 070 Art. 7 composición del concreto líquido grout.

### 2.2.9. El acero

Los metales y las aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales: Materiales FERROSOS y NO FERROSOS. (Jose, 2005)

**Ferroso** viene de la palabra Ferrum que los romanos empleaban para el fierro o hierro. Por lo tanto, los materiales ferrosos son aquellos que contienen hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del hierro y el acero, el No Ferroso son todos los metales y aleaciones que no tienen en su composición química al Hierro, en lo general tienden a ser blandos y baja resistencia mecánica entre ellos tenemos al cobre, zinc, plomo, estaño, aluminio, níquel y manganeso, como sus procesos de fabricación son costosos se usan poco. (Jose, 2005)

El acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. (Jose, 2005)

La armadura deberá cumplir con lo establecido en la norma barras de acero con resaltes para concreto armado (NTP 341.031). (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)Art. 8.

Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electro soldadas debe cumplir con la norma de malla de alambre de acero soldado para concreto armado (NTP 350.002). (Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006)Art. 8.

#### 2.2.9.1. Ventajas y desventajas del acero

##### 2.2.9.1.1. Ventajas del acero como material estructural:

- **Alta resistencia**

La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en el diseño de vigas de grandes claros. (Jack C. McCormac, 2012)



- **Uniformidad**

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como es el caso de las estructuras de concreto reforzado. (Jack C. McCormac, 2012)

- **Elasticidad**

El acero se acerca más a su comportamiento a las hipótesis de diseño la mayor parte de los materiales. Los momentos de inercia de una estructura de acero se pueden calcular exactamente, en lugar de los valores de una estructura de concreto. (Jack C. McCormac, 2012)

- **Durabilidad**

Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Las investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que no se requiere ningún mantenimiento en una base de pintura. (Jack C. McCormac, 2012)

- **Ductilidad**

La ductilidad es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos. Cuando se prueba una tensión un acero dulce o con bajo contenido de carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. (Jack C. McCormac, 2012)

Un material que no tiene esta propiedad por lo general es inaceptable y probablemente será duro y frágil y se romperá al mismo tiempo un golpe repentino. En miembros estructurales sometidos a cargas normales se desarrollan altas concentraciones de esfuerzos en varios puntos. (Jack C. McCormac, 2012)

La naturaleza de los aceros se ha realizado en un solo lugar, en particular, en algunos puntos, evitándose así fallas prematuras. Una ventaja adicional de las estructuras dúctiles es que, al sobrecargarlas, sus grandes cuentas de fl aniones se encuentran en una cuenta regresiva como "cuenta regresiva". (Jack C. McCormac, 2012)

- **Tenacidad**

Los aceros estructurales son, es decir, comparten, resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado. Esta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje, sin



fracturar, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente. (Jack C. McCormac, 2012)

La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad. (Jack C. McCormac, 2012)

#### **2.2.9.1.2. Desventajas del acero como material estructural**

En general, el acero tiene las siguientes desventajas:

- **Corrosión**

La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar en el aire y al agua y, por tanto, deben pintarse periódicamente. Sin embargo, el uso de los aceros en el futuro para ciertas aplicaciones, tiende a eliminar este costo. (Jack C. McCormac, 2012)

Aunque los aceros intemperizados pueden ser bastante efectivos en ciertas situaciones para limitar la corrosión, hay muchos casos donde su uso no es factible ni en algunas estas de situaciones, la corrosión puede ser o no un problema real. (Jack C. McCormac, 2012)

Por ejemplo, las fallas por corrosión, fatiga pueden ocurrir si los miembros de acero se someten a: esfuerzos cíclicos y un ambiente corrosivo. (Jack C. McCormac, 2012)

- **Susceptibilidad al pandeo**

Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo. En la mayoría de las estructuras, el uso de columnas de acero es muy económico debido a sus relaciones elevadas de resistencia a peso. Sin embargo, en forma ocasional, se necesita algún acero adicional para rigidizarlas y que no se pandeen. (Jack C. McCormac, 2012)

- **Fatiga**

Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia se puede reducir si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios en la magnitud del esfuerzo de tensión. Se tienen problemas de fatiga sólo cuando se presentan tensiones. (Jack C. McCormac, 2012)

En la práctica actual se reducen las resistencias estimadas de tales miembros, si se sabe de antemano que estarán sometidos a un número mayor de ciclos de esfuerzo variable, que cierto número límite. (Jack C. McCormac, 2012)

### 2.2.9.2. Acero estructural

El acero de refuerzo estructural es un material producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno, cuya variación en su contenido le aporta características específicas al material. Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, de sección transversal circular, hexagonal o cuadrada. (Haro, 2014)

Se clasifican de acuerdo a su límite de fluencia (grado) y a su acabado (lisa o corrugada). Este material es utilizado en la construcción para agregar resistencia a otro material. (Haro, 2014)

El acero es aquel material maleable a determinada temperatura y básicamente es una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. (Haro, 2014)

Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero. (Haro, 2014)

### 2.2.9.3. Limaduras de acero

La obtención de limaduras de acero fino y en polvo es una difícil tarea. Para obtener el polvo de acero tenemos varias opciones. (Microlog, 2013)

El polvo que sale cuando se realizan cortes con la maquina radial a las barras de acero, es el polvo perfecto, las limaduras de acero idóneas para los experimentos de magnetismo. (Microlog, 2013)

Cuando no disponemos de materia prima suficiente, podemos solicitar restos en empresas de matricería. Estos restos suelen venir sucios, en tamaños grandes y generalmente empapados en aceites industriales.

Este material requiere tratamiento para conseguir el tamaño y la calidad deseada, para ello se realizan distintos procedimientos como:

- Tamizar las virutas de hierro con distintos coladores para conseguir el menor tamaño posible.
- Eliminar partículas perjudiciales.

En nuestra investigación utilizamos limaduras de acero proveniente del taller de torno Cazorla ubicado en el cuarto paradero de San Sebastián - Cusco, en este lugar encontramos las limaduras de acero como un material de desecho y además estaba siendo descartada junto con otras sustancias de mayor tamaño, para obtener las limaduras acero se utilizó un imán de esta manera descartar otros materiales como restos de aluminio.

Las limaduras de acero que obtuvimos estaban mezcladas con aserrín de acero, por lo que se realizó un tamizado al material extraído, se usó los tamices Nro. 50 y Nro. 100 de acuerdo a la clasificación granulométrica para agregado fino, más no el tamiz Nro. 200.

### **2.2.10. Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de mortero de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado – NTP 334.051.**

La resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50 mm de lado, preparados con mortero consistente de 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena dosificados en masa. Los cementos Portland con contenido de aire incorporado, son mezclados a una relación agua – cemento especificado. La cantidad de agua para otros cementos la que produzca una fluidez de  $110 \pm 5$  luego de 25 golpes en la mesa de flujo. Los especímenes cúbicos de 50 mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. (NTP, 1998, p.04).

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general**

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero en 2%, 5% y 10% son más óptimos que un concreto líquido “grout” patrón.

### **2.3.2. Sub hipótesis**

#### **Hipótesis Especifico N°1:**

La dosificación de mezcla del concreto líquido fino “grout” tendrá la proporción de (cemento, arena y agua) 1: 2 ¼: 0.65.

#### **Hipótesis Especifico N°2:**

El revenimiento del concreto líquido fino “grout” con 10% de limadura de acero es mayor que un concreto líquido patrón.

#### **Hipótesis Especifico N°3:**

El concreto líquido fino “grout” con la adición de limaduras de acero de 10 % tendrá mayor resistencia a la compresión con respecto al concreto líquido patrón.

#### **Hipótesis Especifico N°4:**

El concreto líquido fino “grout” con la adición de limaduras de acero de 10% tendrá mayor resistencia a la flexión con respecto al concreto líquido grout patrón.

#### **Hipótesis Especifico N°5:**



El concreto líquido grout adicionado con limaduras al 10% endurecerá mucho más rápido que el concreto líquido grout Patrón.

## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables independientes

- Variable Independiente 1: Concreto líquido patrón.
  - Sub variables de la variable independientes 1:
    - Sub variable 1: Relación agua cemento a/c. Es la cantidad de agua usada con relación con la cantidad de cemento, para la fabricación de mezclas de concreto
    - Sub variable 2: Agregado fino. Se define como agregado fino al proveniente de la desagregación natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 74  $\mu\text{m}$  (#200) que cumple con los límites establecidos en la (N.T.P. 400.037, 2014).
    - Sub variable 3: Cemento. Material pulverizado que combinado con agua forma una pasta capaz de endurecer en el agua y al aire (I.C.G., 2019)
    - Sub variable 4: Agua. El agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. (N.T.P. 339.088, 2014)
  - Indicador de sub variables de la variable independiente 1:
    - Indicador de sub variable 1: Proporción.
    - Indicador de sub variable 2: Volumen ( $\text{m}^3$ ).
    - Indicador de sub variable 3: Peso (kg).
    - Indicador de sub variable 4: Volumen (litros).
- Variable Independiente 2: Limaduras de acero.
  - Indicador de variable independiente 2: peso (kg).

### 2.4.2. Variables dependientes

- Variable dependiente 1: Propiedades mecánicas.
  - Sub variable 1: Resistencia a compresión. Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de compresión.
  - Sub variable 2: Resistencia a flexión. Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras
- Variable dependiente 2: Propiedades físicas.
  - Sub variable 3: Tiempo de endurecimiento. Se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado.

- Sub variable 4: Revenimiento. Determina la consistencia del concreto fresco o de morteros y verificar la uniformidad de la mezcla.
- Indicador Variable Dependiente 1: Fuerza/Área (kg/cm<sup>2</sup>).
- Indicador Variable Dependiente 2: Fuerza/Área (cm<sup>2</sup>).
- Indicador Variable Dependiente 3: Tiempo (minutos).
- Indicador Variable Dependiente 4: Asentamiento(cm)

### 2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 18: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTO
<b>Variables Dependientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades mecánicas: son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a compresión: Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de compresión.</li> <li>• Resistencia a flexión: Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fuerza/Área</li> <li>-Fuerza/Área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(kg-f/cm<sup>2</sup>)</li> <li>(kg-f/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guías de observación de campo.</li> <li>-Instrumentos de ingeniería.</li> <li>- ASTM C 109/C 109M - 99</li> <li>- MTC E 617</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades físicas: son las que nos informan sobre el comportamiento del material ante diferentes acciones externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de endurecimiento: Se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado.</li> <li>• Revenimiento: determina la consistencia del concreto fresco o de morteros y verificar la uniformidad de la mezcla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiempo</li> <li>-Asentamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(minutos)</li> <li>(cm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guías de observación de campo.</li> <li>- Instrumentos de ingeniería.</li> <li>- ASTM C 191 - 04</li> <li>-ASTM C 143 (revenimiento del concreto)</li> </ul>

<b>Variables Independientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto líquido patrón: material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua. Que puede o no tener agregado grueso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación a/c: Es la cantidad de agua usada con relación con la cantidad de cemento, para la fabricación de mezclas de concreto</li> </ul>	-Proporción		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guías de observación de campo.</li> <li>- Instrumentos de ingeniería.</li> <li>- Norma E 0.70</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limadura de acero: material que se obtiene cuando se realiza cortes con la maquina radial a una barra de acero, proveniente de desechos de torno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado Fino: proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas</li> </ul>	-Peso	(kg)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje : Es una proporción</li> </ul>	-Peso	(kg)	

Fuente: (Elaboración Propia)

### Capítulo III

#### 3. Metodología

##### 3.1. Metodología de la investigación

##### 3.1.1. Enfoque de la Investigación

##### 3.1.1.1. Cuantitativo.

La presente investigación es cuantitativa porque está orientada hacia la descripción, predicción y explicación, dirigido hacia datos medibles, debido a que se demostrará una hipótesis mediante el valor de la resistencia del concreto líquido fino (grout).

También es cuantitativa y aplicada debido a que se ha cuantificado los materiales usados de la cantera, la dosificación de la limadura de acero reciclado en porcentajes controlados con respecto al peso del agregado, y se midió la resistencia a compresión en cada tipo de concreto líquido fino, teniéndose como producto final la resistencia optima del concreto adicionado con esta limadura de acero reciclado.

La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares. (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

##### 3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

##### 3.1.2.1. Descriptivo

El nivel de investigación corresponde a descriptivo, porque se valora de la manera más precisa el entorno de los estudios, se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población, es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Considerar al fenómeno estudiado como a sus componentes, medir los conceptos y definir las variables). (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010)

### **3.1.2.2. Correlacional**

Es Correlacional porque evalúa el grado de asociación entre 2 o más variables mediante un patrón predecible para un grupo o población, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba, puesto que se quiere demostrar el grado de relación entre el uso de elementos sustituidos en el concreto  $f'c$  140 Kg/cm<sup>2</sup> en diferentes porcentajes y la verificación de la variación de la resistencia en la misma. (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

### **3.1.3. Método de investigación**

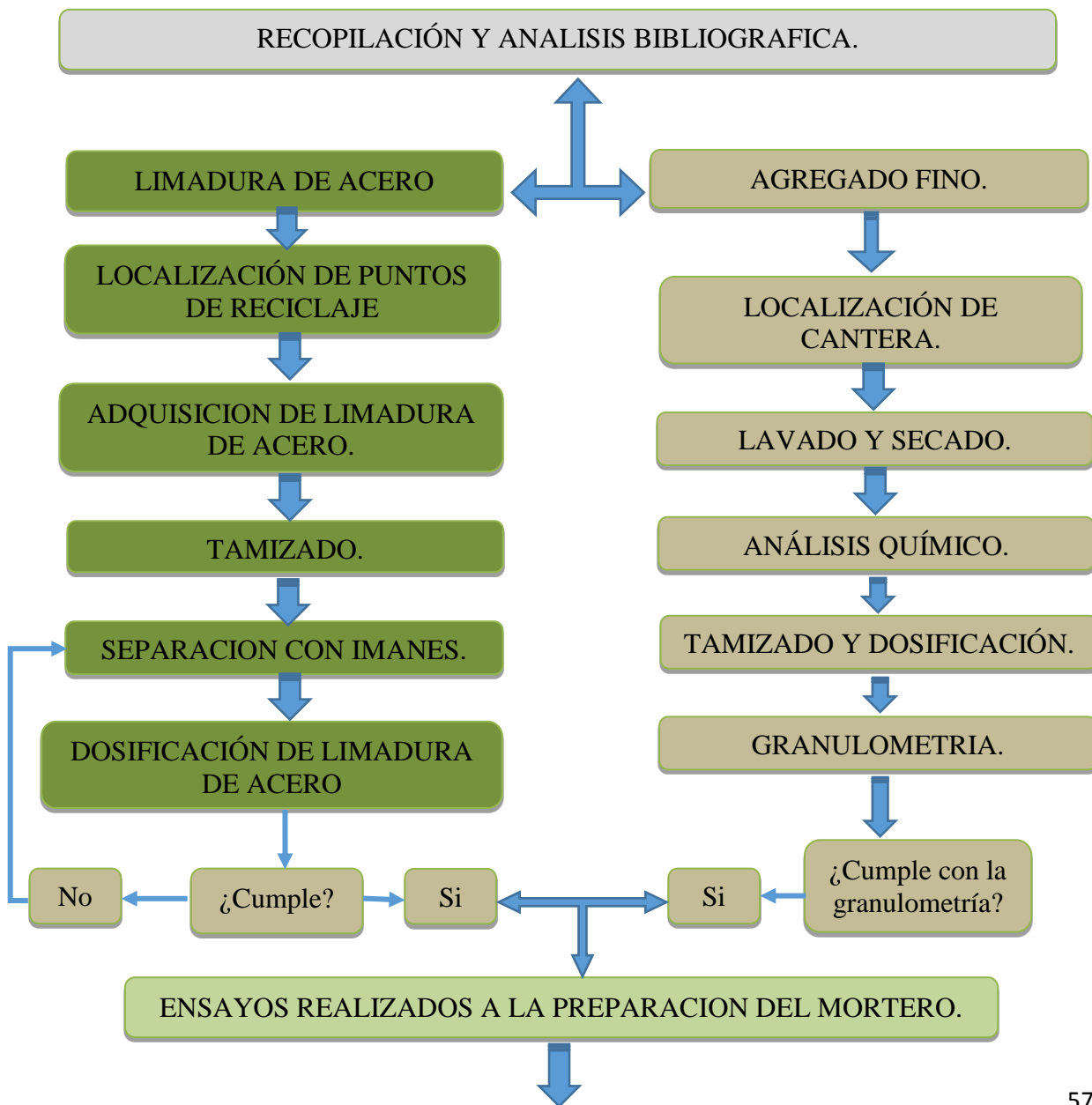
En la presente investigación se usa el método hipotético – deductivo, porque partimos de una hipótesis que vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables y/o resultados, y de esta manera demostrar la hipótesis, comparándolos con la experiencia. (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

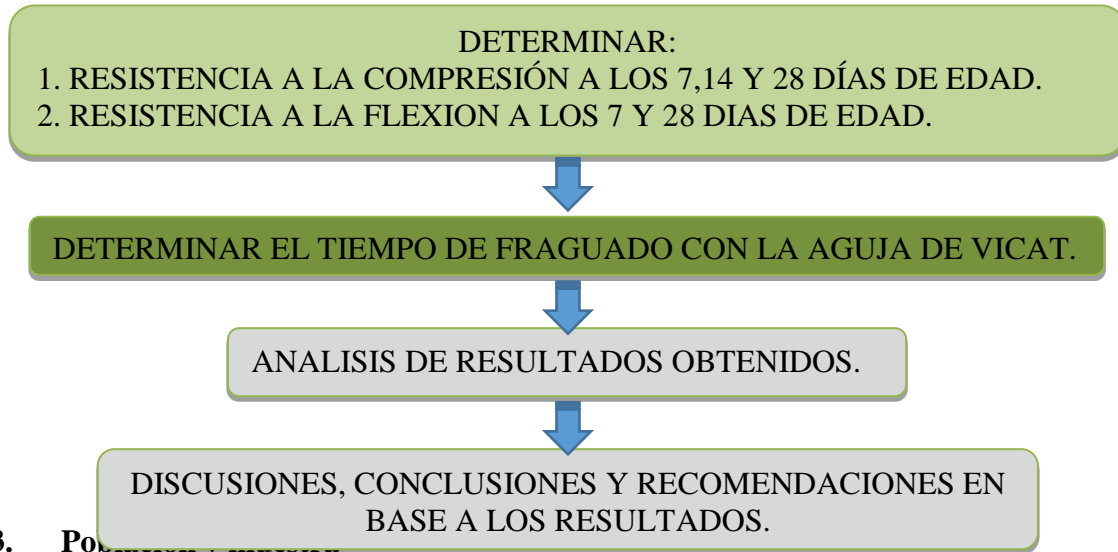
## **3.2. Diseño de la investigación**

### **3.2.1. Diseño metodológico**

Los diseños cuasi-experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi-experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento. (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

### 3.2.2. Diseño de ingeniería





### 3.3. Población

#### 3.3.1. Población

##### 3.3.1.1. Descripción de la población

La población es: Cemento Portland tipo IP (YURA), agregado fino de la cantera de Cunyac, agua potable y limaduras de acero.

##### 3.3.1.1.1. Cemento Portland tipo IP (YURA)

El cemento Portland adicionado con puzolana, de conformidad con la NTP 334.090 y la Norma ASTM C 595, recomendado para el uso general en todo tipo de obra civil. Posee resistencia al ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación que contribuye al vaciado de concretos masivos, mayor impermeabilidad, ganancia de mayor resistencia a la compresión con el tiempo, mejor trabajabilidad, siendo ideal para el uso de morteros, revestimientos y obras hidráulicas (en el caso de las obras portuarias expuestas al agua de mar, también en canales, alcantarillas, túneles y suelos con alto contenido de sulfatos). (YURA, 2012)

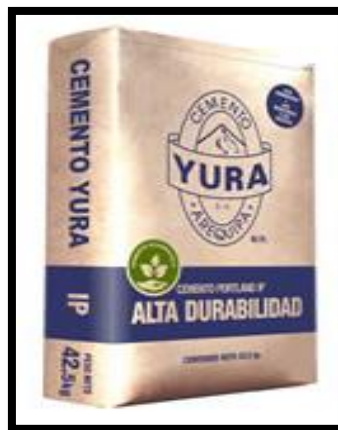


Figura 20: Cemento Portland tipo IP (Yura).

Fuente: (YURA, 2012)

### 3.3.1.1.2. Agregado fino (Arena fina de Cunyac)

Se consideró este agregado por ser el más apropiado en sus características de gradación y también por tener menor contenido de impurezas.

### 3.3.1.1.3. Limaduras de acero

Las limaduras de acero que obtuvimos estaban mezcladas con aserrín de acero, por lo que se realizó un tamizado al material extraído, se usó los tamices Nro. 50 y Nro. 100 de acuerdo a la clasificación granulométrica para agregado fino, más no el tamiz Nro. 200.

### 3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población en nuestra investigación será en total de 72 prismas cubicas de concreto y 48 vigas de concreto entonces la cuantificación de la población para la investigación es única o total y todas nuestras muestras están normalizadas con NTP. 334.009.

## 3.3.2. Muestra

### 3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra es de tipo censal ya que es coincidente con la población. Para poder evaluar la muestra será evaluada en su estado inicial (mezcla de concreto líquido fresco) y en su estado final (concreto líquido endurecido), en el estado inicial se evaluara el revenimiento y la trabajabilidad, en su estado final se evaluara mediante elementos de concreto fabricados en forma de prismas y vigas con dimensiones establecidas según norma, cuantificándose la resistencia a compresión y flexión, finalmente se procederá a analizar el costo de producción por cada tipo de dosificación. Tanto el estado inicial como final del concreto líquido (grout) serán de dos tipos de mezcla, la primera de un concreto líquido y la segunda de un concreto líquido adicionado con Limaduras de acero en diferentes porcentajes (2%,5% y 10%).

### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Nuestra investigación tendrá una muestra UNICA o TOTAL, porque evaluamos en cada ensayo la totalidad de la población, tal como se describe a continuación:

Tabla 19: Cuantificación total de muestras para la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESION		
	07 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PATRON	6	6	6

LIMADURAS DE ACERO	2%	6	6	6
	5%	6	6	6
	10%	6	6	6
SUB TOTAL		24	24	24
TOTAL		72		

Fuente (Elaboración propia)

Tabla 20: Cuantificación total de muestras para la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	
		07 DIAS	14 DIAS
PATRON		6	6
LIMADURAS DE ACERO	2%	6	6
	5%	6	6
	10%	6	6
SUB TOTAL		24	24
TOTAL		48	

Fuente (Elaboración propia)

### 3.3.2.3. Método de muestreo

El método de muestreo en nuestra investigación es del tipo intencional o de conveniencia, que está incluido dentro del grupo NO PROBABILISTICO, donde nosotros como investigadores seleccionamos directa e indirectamente los individuos de población.

### 3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

- Para determinar la resistencia a compresión del concreto líquido se usaron especímenes cúbicos de 50 mm de lado en edades de 7, 14 y 28 días:
  - 18 unidades de cubos por el concreto líquido patrón
  - 18 unidades de cubos por cada porcentaje de limaduras de acero (2%, 5% y 10%)





- Para determinar la resistencia a la flexión del concreto líquido se usaron especímenes de 40mm X 40mm X 160mm (vigas) en edades de 7 y 28 días:
  - 12 unidades de vigas concreto líquido patrón.
  - 36 unidades de vigas concreto líquido modificado con limaduras de acero (2%, 5% y 10%)
- Para determinar el tiempo de fraguado usando la Aguja de Vicat:
  - 03 unidades de concreto líquido patrón
  - 09 unidades de concreto líquido modificado con limaduras de acero (2%, 5% y 10%)
- Para determinar el revenimiento por el método de la mesa de fluidez:
  - 03 unidades de concreto líquido patrón
  - 09 unidades de concreto líquido modificado con limaduras de acero (2%, 5% y 10%)

### 3.3.3. Criterios de inclusión

- Esta investigación viene utilizando la adición de limaduras de acero, en porcentajes de 2%, 5% y 10% del peso total del agregado fino, este material fue recolectado y encontrado como desecho en las tornerías.
- Se utilizó arena fina de la cantera Cunyac, para elaborar el concreto líquido, esta cantera tiene un agregado fino de calidad superior a las de otras canteras del departamento de Cusco.
- Se utilizó el cemento Portland Puzolánico tipo IP (Yura) para todos los ensayos, este tipo de cemento es el más utilizado en el ámbito de la construcción de nuestro país.
- Agua potable insumo o material usado para preparar la mezcla de concreto líquido, posee características físico-químicas favorables para la hidratación de la mezcla.
- Se utilizó moldes cúbicos de 50 mm de lado para la elaboración de cubos de concreto.
- Para la prueba a compresión se utilizó cubos de concreto de dimensiones 5cm x 5cm x 5 cm de lado.
- Se utilizó moldes tipo barras de 40 mm x 40 mm x 160 mm de lado para la elaboración de vigas de concreto.
- Para la prueba a flexión se utilizó barras rectangulares de dimensiones de 4 cm x 4 cm x 16 cm de lado.
- En el ensayo de tiempo de fraguado se utilizó el instrumento aguja Vicat y moldes troncocónicos de 40 mm de altura.

- El ensayo de fluencia se realizó utilizando la mesa de fluencia para morteros.

### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1. Instrumentos metodológicos



Ficha técnica de recolección de datos en el ensayo determinación de la fluidez del concreto líquido mediante la mesa de flujo.

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 									
<b>TESIS: “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>									
<b>ENSAYO</b>	DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DEL CONCRETO LIQUIDO MEDIANTE LA MESA DE FLUJO								
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE								
	EDISON SALAZAR HANCCO								
<b>FECHA DE ENSAYO</b>									
<b>DATOS DE LECTURAS DE LA MESA DE FLUJO.</b>									
TIPO DE CONCRETO LIQUIDO	DOSIFICACIÓN				TIEMPO (S)	DIÁMETRO (mm)			
	CEMENTO	LIMADURA	ARENA	AGUA		1	2	3	4
CONCRETO LIQUIDO PATRON									
CONCRETO LIQUIDO + 2% DE LIMADURAS DE ACERO									
CONCRETO LIQUIDO + 5% DE LIMADURAS DE ACERO									
CONCRETO LIQUIDO + 10% DE LIMADURAS DE ACERO									





Ficha técnica de recolección de datos en el ensayo determinación de la resistencia a la compresión del concreto líquido.





 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>TESIS: “ Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>				
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO LIQUIDO			
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE			
	EDISON SALAZAR HANCCO			
<b>FECHA DE MEZCLADO</b>				
<b>EDAD (días)</b>				
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>MEDICIÓN DE LOS ESPECIMENES EN MILÍMETROS</b>		<b>ESPECIMEN</b>	<b>FUERZA AXIAL (kg-f)</b>
	<b>A</b>	<b>L</b>		
CONCRETO PATRON				
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 2 %				
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 5 %				
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 10 %				

Ficha técnica de recolección de datos en el ensayo de resistencia a la flexión del concreto líquido.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>TESIS: “ Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>					
ENSAYO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO LIQUIDO				
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE				
	EDISON SALAZAR HANCCO				
FECHA DE MEZCLADO					
EDAD (días)					
TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA
		b cm	h cm	L cm	
CONCRETO PATRON					
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%					
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%					
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%					



Ficha técnica de recolección de datos para el ensayo tiempo de fraguado del concreto líquido con la aguja Vicat.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>TESIS:</b> "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018"			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>			
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CONCRETO:</b>	<b>PATRON</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería

#### 3.4.2.1. Serie de tamices

En nuestra investigación se utilizó una serie de tamices para el análisis granulométrico de la arena fina, los tamices permiten ver la cantidad de nuestro agregado que pasa y la cantidad de retenido en cada uno de ellos, de acuerdo a la clasificación de agregado fino se consideró los siguientes tamices los cuales se describirán de la siguiente manera: #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200. De esta manera cada tamiz tendrá una abertura de la mitad del diámetro anterior.



Figura 21: Serie de tamices.

Fuente: Propia.

#### 3.4.2.2. Horno eléctrico

El horno es un equipo utilizado para evaporar la humedad de un cuerpo, dentro de este equipo cualquier agregado logra secarse y así determinar el peso real del agregado sin que la humedad incremente su peso del cuerpo que lo contiene.



Figura 22: Horno eléctrico.

Fuente: Propia.

### 3.4.2.3. Balanza electrónica

La balanza es un instrumento de medición, indica el peso que posee un cuerpo, puede estar limitada de acuerdo a su capacidad máxima de peso y a la sensibilidad de cada tipo de balanza.



Figura 23: Balanza electrónica.

Fuente: Propia.

### 3.4.2.4. Agitador mecánico de tamices

El agitador mecánico es un equipo utilizado para agitar el material puesto dentro de los tamices, este equipo genera un movimiento de agitación en una serie de tamices.



Figura 24: Agitador mecánico de tamices.

Fuente: Propia.



### 3.4.2.5. Aguja Vicat

Instrumento de laboratorio que mide el principio y el final del fraguado, se utiliza para ensayar sobre moldes que contienen muestras pastosas o morteros de concreto.



Figura 25: Aguja Vicat.

Fuente: Propia.

### 3.4.2.6. Mesa de fluencia

Es una plataforma de cobre apoyada en un pedestal que contiene una leve rotatoria que sirve para evaluar la consistencia de los morteros.



Figura 26: Mesa de Fluencia.

Fuente: Propia.

### 3.4.2.7. Moldes cúbicos para concreto líquido

Los moldes cúbicos de madera de 50 mm de lado en todas sus caras, son moldes hechos de madera especialmente diseñados para elaboración de cubos pequeños de concreto.



Figura 27: Moldes cúbicos de madera de 50 mm de lado.

Fuente: Propia.

### 3.4.2.8. Moldes tipo barra para concreto líquido

Los moldes tipo barra para mortero tienen las dimensiones de 4cm x 4cm x 16 cm según la norma MTC, hechas para crear viguetas pequeñas de concreto.



Figura 28: Moldes tipo barra de 4cm x 4cm x 16cm de lado.

Fuente: Propia.

### 3.5. Procedimientos de recolección de datos

#### 3.5.1. Determinar la granulometría del agregado fino y más la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%.

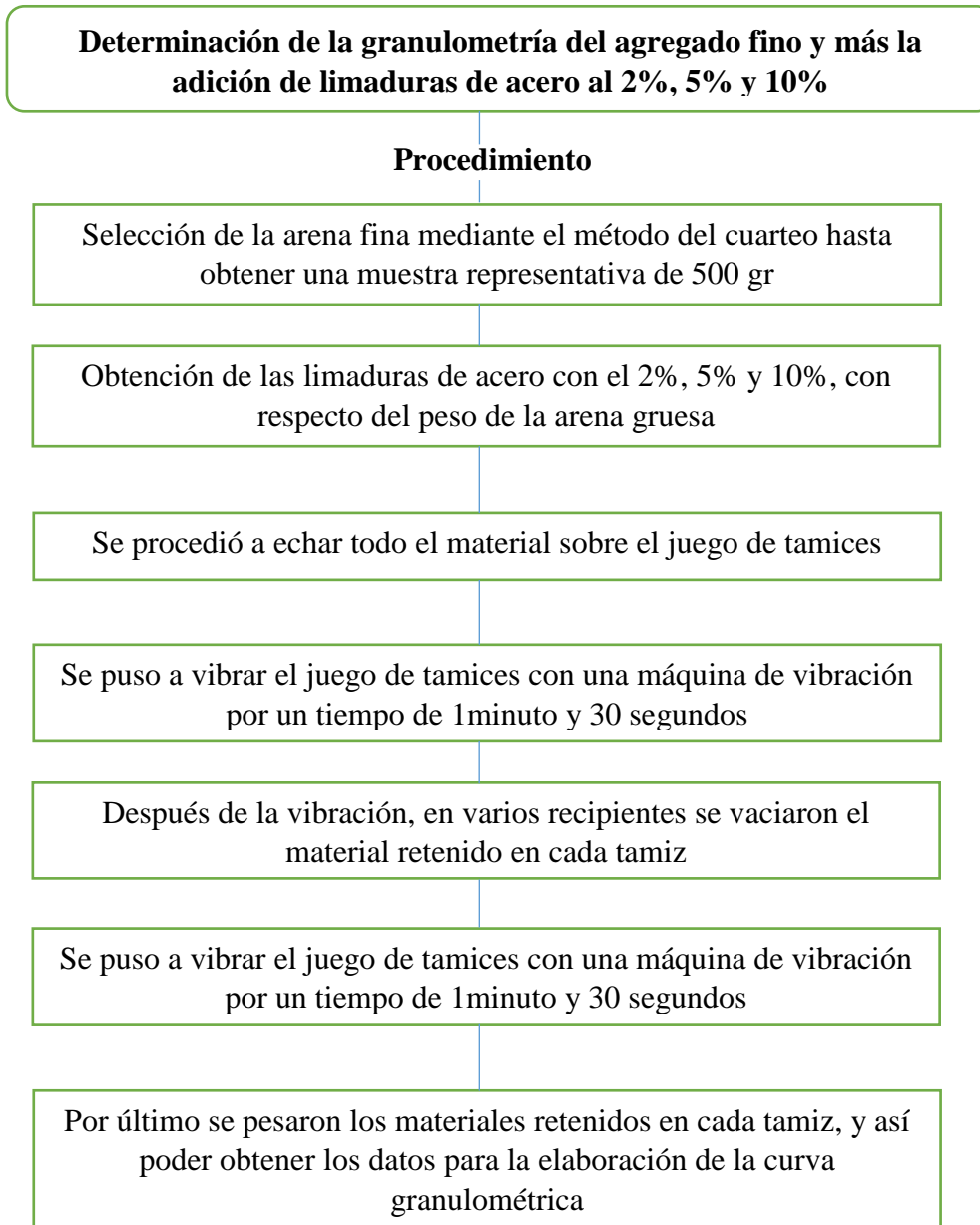


Figura 29: Diagrama de procedimiento de granulometría del agregado fino.

Fuente: elaboración propia.

#### a) Equipos

- Serie de tamices N°4, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo.
- Balanza con precisión de  $\pm 0.1$  gr.

- Brocha de 4"
- Agitador mecánico de tamices

a) Procedimiento

Paso 1.- Para iniciar el ensayo de granulometría se hizo secar el material al aire libre para eliminar la humedad interna del agregado, una vez secado el agregado se pasó a seleccionar el material mediante el método de cuarteo, hasta obtener una muestra representativa de 500 gr de arena fina.



Figura 30: Selección de material mediante el método de cuarteo.

Fuente: Propia.

Paso 2.- Luego se determinó el peso de las limaduras de acero que están dentro del procedimiento de análisis granulométrico y son los siguientes de 2%, 5% y 10% con respecto del peso del material.



Figura 31: Peso de limadura de acero.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Pesado la arena fina y las limaduras de acero, se procedió a echar todo el material sobre el juego de tamices.



Figura 32: La arena fina y las limaduras se echaron dentro del juego de tamices.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Luego se colocó todo el juego de tamices en una máquina de vibración, y se hizo vibrar los tamices por un tiempo de 1 minuto y 30 segundos.



Figura 33: Vibración de los tamices mediante el uso de una máquina.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Terminado el proceso en la máquina de vibración, en varios recipientes se vaciaron el material retenido en cada tamiz.



Figura 34: Pesado de cada muestra de material retenido en los tamices.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Por último, se pesaron los pesos retenidos en cada tamiz, y de esta manera se obtuvieron los datos del material retenido en cada tamiz, para la elaboración de la curva granulométrica.

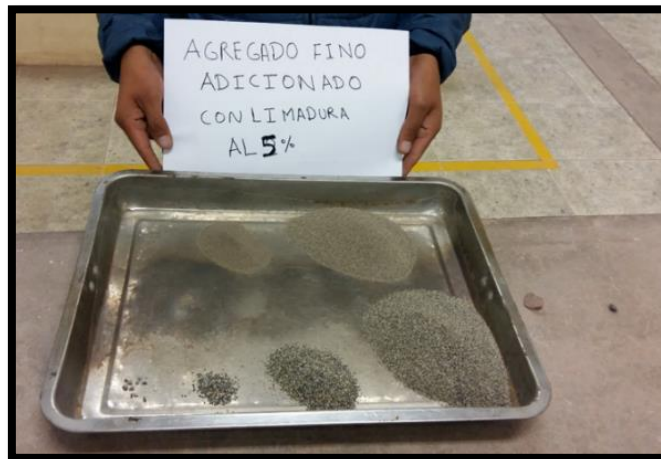


Figura 35: Material retenido en los distintos tamices.

Fuente: Propia.

b) Toma de datos

Tabla 21: Toma de datos para la granulometría de agregado fino.

<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>MASA DE ARENA (gr)</b>	<b>Nº TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%) NORMADO</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)</b>	<b>PORCENTAJE RETENIDO (%)</b>	<b>MASA POR MALLA (gr)</b>
500	4	0	0.08	0.08	0.40
	8	0	12.25	12.17	60.85
	16	2 ± 2	26.93	14.68	73.4
	30	30 ± 5	46.09	19.16	95.8
	50	72 ± 5	81.52	35.43	177.15
	100	98 ± 2	93.38	11.86	59.3
	200	100	100.00	6.62	33.1
<b>SUMATORIA</b>				100	500.00

Fuente: Propia.

Tabla 22: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 2% de limaduras de acero.

<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>MASA DE ARENA (gr)</b>	<b>Nº TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%) NORMADO</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)</b>	<b>PORCENTAJE RETENIDO (%)</b>	<b>MASA POR MALLA (gr)</b>
500	4	0	0.00	0	0.00
	8	0	12.03	12.03	60.15
	16	2 ± 2	24.77	12.74	63.7
	30	30 ± 5	40.41	15.64	78.2
	50	72 ± 5	80.03	39.62	198.1
	100	98 ± 2	93.89	13.86	69.3
	200	100	100.00	6.11	30.55
<b>SUMATORIA</b>				100	500.00

Fuente: Propia.

Tabla 23: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 5% de limaduras de acero.

TOMA DE DATOS					
MASA DE ARENA (gr)	Nº TAMIZ	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%) NORMADO	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	MASA POR MALLA (gr)
500	4	0	0.00	0	0.00
	8	0	11.08	11.08	55.4
	16	2 ± 2	23.70	12.62	63.1
	30	30 ± 5	40.11	16.41	82.05
	50	72 ± 5	80.99	40.88	204.4
	100	98 ± 2	93.35	12.36	61.8
	200	100	100.00	6.65	33.25
<b>SUMATORIA</b>				100	500.00

Fuente: Propia.

Tabla 24: Toma de datos para la granulometría de agregado fino más 10% de limaduras de acero.

TOMA DE DATOS					
MASA DE ARENA (gr)	Nº TAMIZ	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%) NORMADO	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	MASA POR MALLA (gr)
500	4	0	0.00	0	0.00
	8	0	10.09	10.09	50.45
	16	2 ± 2	24.28	14.19	70.95
	30	30 ± 5	42.29	18.01	90.05
	50	72 ± 5	84.08	41.79	208.95
	100	98 ± 2	94.65	10.57	52.85
	200	100	100.00	5.35	26.75
<b>SUMATORIA</b>				100	500.00

Fuente: Propia.



### 3.5.2. Determinar la fluidez del concreto líquido adicionado con 2%, 5% y 10% de limaduras de acero y un concreto líquido patrón

#### Determinación de la fluidez del concreto líquido adicionado con 2%, 5% y 10% de limaduras de acero y un concreto líquido patrón

##### Procedimiento

Se determinó la cantidad de 300 gr de cemento, para elaborar las muestras

Obtención de la arena fina según los pesos requeridos para la elaboración de la mezcla

Selección de la limadura de acero

Se procedió a pesar el cemento y agua para cada tipo de concreto

Se mezcló los materiales hasta que la mezcla tenga una consistencia pastosa líquida

Concluido el mezclado de los materiales se procedió a vacear la mezcla en un molde troncocónico sobre la mesa de flujo

Se sacó el molde y mediante el uso de una manija se dio 25 golpes a la mesa por un tiempo de 15 segundos

Terminado los 15 segundos se midió cuatro diámetros de expansión de la muestra sobre la mesa

Figura 36: Diagrama de procedimiento para determinar la fluidez del concreto líquido y sus adiciones con limaduras de acero.

Fuente: elaboración propia.

**a) Equipos utilizados en la prueba**

- Balanza con precisión de  $\pm 0.1$  gr.
- Cucharones
- Vasijas de acero
- Bandejas
- Cronómetro
- Mesa de flujo

**b) Procedimiento para la elaboración de la mezcla y moldeado de muestras**

Para la elaboración de ensayo tiempo de fraguado se utilizó la tabla Nro. 17: dosificación de lechada por volumen para construcción de mampostería.

Paso1.- Para cuantificar la cantidad de cada uno de nuestros componentes se calculó en función de 300 gr de cemento, con este dato se tuvo la siguiente dosificación para los diferentes tipos de concreto líquido desarrollados en la investigación:

Tabla 25: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%.

Muestra	Cemento Puzolánico Tipo IP (gr)	Agregado fino (gr)	Agua (gr)	Limaduras de acero (gr)
C. L. P	300.00	675.00	195.00	
C.L. +2% L. A	300.00	666.35	195.00	13.5
C.L. +5% L. A	300.00	653.37	195.00	33.75
C.L. +10% L. A	300.00	631.73	195.00	67.5

Fuente: Propia.

Paso 2.- Selección de la arena fina, se utilizó la arena fina de la cantera de Cunyac, para el desarrollo de selección previamente se realizó el secado del material, una vez secado el material se pasó a la etapa de selección por el método de cuarteo hasta obtener los pesos requeridos para la elaboración de la mezcla.



Figura 37: Método de cuarteo para seleccionar la arena fina.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Selección de la limadura de acero, primeramente, se realizó un proceso de tamizado por la malla Nro 50 y Nro 100, y se tomó el material que paso por la malla Nro 100, ya que solo pasaron limaduras de acero y los elementos más grandes quedaron retenidos en la malla Nro 100.



Figura 38: Tamizado de la limadura de acero.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Se procedió a pesar el cemento y agua para cada tipo de concreto

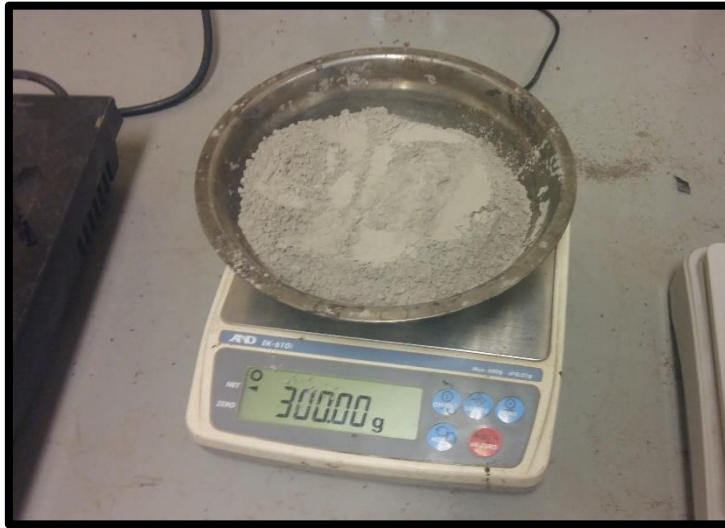


Figura 39: Pesado del cemento.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Después de obtener todos los pesos de cada uno de los materiales, se pasó al proceso de mezclado de los materiales, la mezcla se elaboró mediante un proceso de batido manual en una batea, el proceso se inicia con la mezcla de la arena fina y cemento, luego se echó un 1/3 del volumen total de agua utilizada para la mezcla, en el último tercio de agua se ve que la mezcla llega a ser pastosa, este proceso se repitió tres veces más, con la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10% del peso de la arena fina.



Figura 40: Elaboración de la mezcla de concreto.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Una vez concluida la mezcla se procedió a vaciar el concreto líquido en un molde troncocónico la base mayor va sobre la meza de fluidez, se llenó el molde en dos capas y se utilizó una varilla pequeña para dar 25 golpes a la mezcla y así evitar que se produzca espacios vacíos en el concreto líquido.



Figura 41: Llenado del molde troncocónico con concreto líquido.

Fuente: Propia.

Paso 7.- Una vez terminado el paso anterior, se sacó el molde y mediante el uso de una manija se dio 25 golpes a la mesa por un tiempo de 15 segundos.

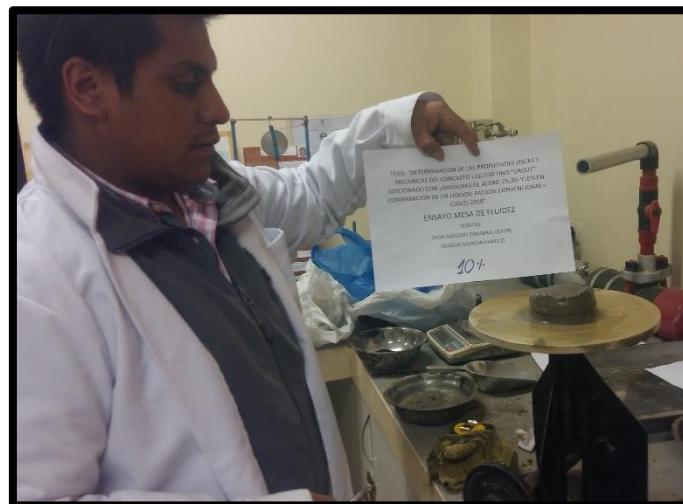


Figura 42: Giró de la manija para golpear la mesa de flujo.

Fuente: Propia.

Paso 8.- Terminado los 15 segundos se midió cuatro diámetros de expansión de la muestra sobre la mesa, para la toma de datos





Figura 43: Medición del diámetro de expansión del concreto líquido.

Fuente: Propia.

Todo este proceso se realizó para el concreto líquido patrón y para su adición con los distintos porcentajes de limaduras de acero.

**c) Toma de datos**

Tabla 26: Datos obtenidos de la fluidez del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10 % y de un concreto líquido patrón.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>TESIS: “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>									
<b>ENSAYO</b>		DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DEL CONCRETO LIQUIDO MEDIANTE LA MESA DE FLUJO							
<b>TESISTAS</b>		JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE EDISON SALAZAR HANCCO							
<b>FECHA DE ENSAYO</b>		20/11/2018							
<b>DATOS DE LECTURAS DE LA MESA DE FLUJO.</b>									
<b>TIPO DE CONCRETO LIQUIDO</b>	<b>DOSIFICACIÓN</b>				<b>TIEMPO (S)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>			
	<b>CEMENTO</b>	<b>LIMADURA</b>	<b>ARENA</b>	<b>AGUA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
CONCRETO LIQUIDO PATRON	300.00	0.00	432.68	195.00	15.00	195.00	210.00	200.00	200.00
	300.00	0.00	432.68	195.00	15.00	225.00	230.00	225.00	225.00
	300.00	0.00	432.68	195.00	15.00	225.00	220.00	220.00	220.00
CONCRETO LIQUIDO + 2% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	8.65	424.02	195.00	15.00	230.00	240.00	240.00	235.00
	300.00	8.65	424.02	195.00	15.00	230.00	230.00	225.00	230.00
	300.00	8.65	424.02	195.00	15.00	240.00	245.00	245.00	250.00
CONCRETO LIQUIDO + 5% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	21.63	411.04	195.00	15.00	235.00	240.00	240.00	240.00
	300.00	21.63	411.04	195.00	15.00	240.00	235.00	240.00	240.00
	300.00	21.63	411.04	195.00	15.00	235.00	235.00	240.00	235.00
CONCRETO LIQUIDO + 10% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	43.27	389.41	195.00	15.00	240.00	240.00	235.00	240.00
	300.00	43.27	389.41	195.00	15.00	245.00	240.00	245.00	240.00
	300.00	43.27	389.41	195.00	15.00	235.00	235.00	245.00	240.00

Fuente: Propia.

**3.5.3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5% y 10% y un concreto líquido patrón**

**3.5.3.1. Elaboración de muestras cubicas de concreto de 50 mm de lado**

**a) Equipos**

- Balanza con precisión de  $\pm 0.1$  gr.
- Cucharón
- Recipientes con capacidad de 10 litros
- Moldes cúbicos de 50 mm de lado
- Badilejo

**b) Procedimiento para la elaboración de muestras cúbicas**

Para la elaboración de las muestras cúbicas se utilizó la tabla Nro. 17: dosificación de lechada por volumen para construcción de mampostería.

Paso1.- Para cuantificar la cantidad de cada uno de nuestros componentes que va entrar en la mezcla se calculó el volumen que tiene una muestra cúbica y el total por cada bloque de concreto líquido y sus modificaciones con limaduras de acero, teniendo un volumen total de 750 cm<sup>3</sup> por cada bloque, con este dato se tuvo la siguiente dosificación para los diferentes tipos de concreto líquido desarrollados en la investigación:

Tabla 27: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%.

Muestra	Cemento Puzolánico Tipo IP (gr)	Agregado fino (gr)	Agua (gr)	Limaduras de acero (gr)
C.L. P	500.00	1125.00	325.00	
C.L. +2% L. A	500.00	1102.50	325.00	22.50
C.L. +5% L. A	500.00	1068.75	325.00	56.25
C.L. +10% L. A	500.00	1012.50	325.00	112.50

Fuente: Propia.



Paso 2.- Selección de la arena fina, se utilizó la arena fina de la cantera de Cunyac, para su uso previamente se secó la arena fina al aire libre ya que contiene un porcentaje de humedad natural al momento de adquirirlo, una vez secado el material se pasó a la etapa de selección por el método de cuarteo hasta obtener los pesos requeridos para la elaboración de los diferentes concretos.

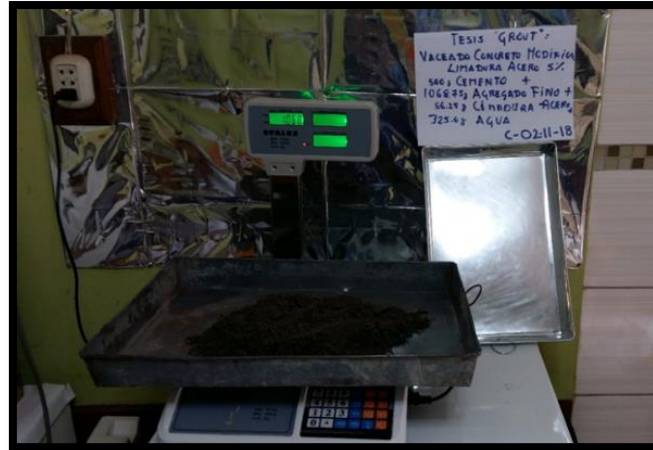


Figura 44: Pesado de la arena fina.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Cuando se prepararon los concretos con adición de limaduras de acero, la selección de este material, previamente paso por un proceso de tamizado por la malla Nro. 50 y Nro. 100, y se tomó el material que pasa por la malla Nro.100, ya que solo pasaron solo limaduras de acero y los elementos más grandes quedaron retenidos en la malla Nro.50.



Figura 45: Pesado de la limadura de acero.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Se procedió a pesar el cemento y agua para cada tipo de concreto.



Figura 46: Pesado del cemento.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Preparación de moldes, primero se limpiaron las caras interiores del molde y luego se pasó una capa de petróleo con una franela las caras del molde que van estar en contacto con el concreto líquido, y por último se fijaron los moldes con tornillos.



Figura 47: Armado de los moldes.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Después de obtener todos los pesos de cada uno de los materiales y el armado de los moldes, se pasó al proceso de mezclado de los materiales, la mezcla se elaboró mediante un proceso de batido manual en una batea, primeramente se inició con la mezcla de la arena fina y cemento, luego se echó un 1/3 del volumen total de agua utilizada para la mezcla, en el último tercio de agua se ve que la mezcla llega a ser pastosa, este proceso se repitió tres veces más, con la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10% del peso de la arena fina.



Figura 48: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto.

Fuente: Propia.

Paso 7.- Una vez concluida la mezcla se procedió a vacear el concreto líquido en los moldes cúbico de 50 mm de lado, al final del llenado de cada uno de los moldes se realizó el chuseado con una varilla a la mezcla, con 25 golpes dispersos en distintos puntos y así se evitará que se produzca espacios vacíos en el concreto líquido.



Figura 49: Llenado de los moldes con la mezcla de concreto.

Fuente: Propia.

Paso 8.- Finalmente pasado las 24 horas del vaciado se desencofró las muestras, y luego se procedió a poner en un tanque de agua para que fragüen las muestras hasta la realización del ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 50: Fraguado de los cubos de concreto.

Fuente: Propia.

3.5.3.2. Resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado

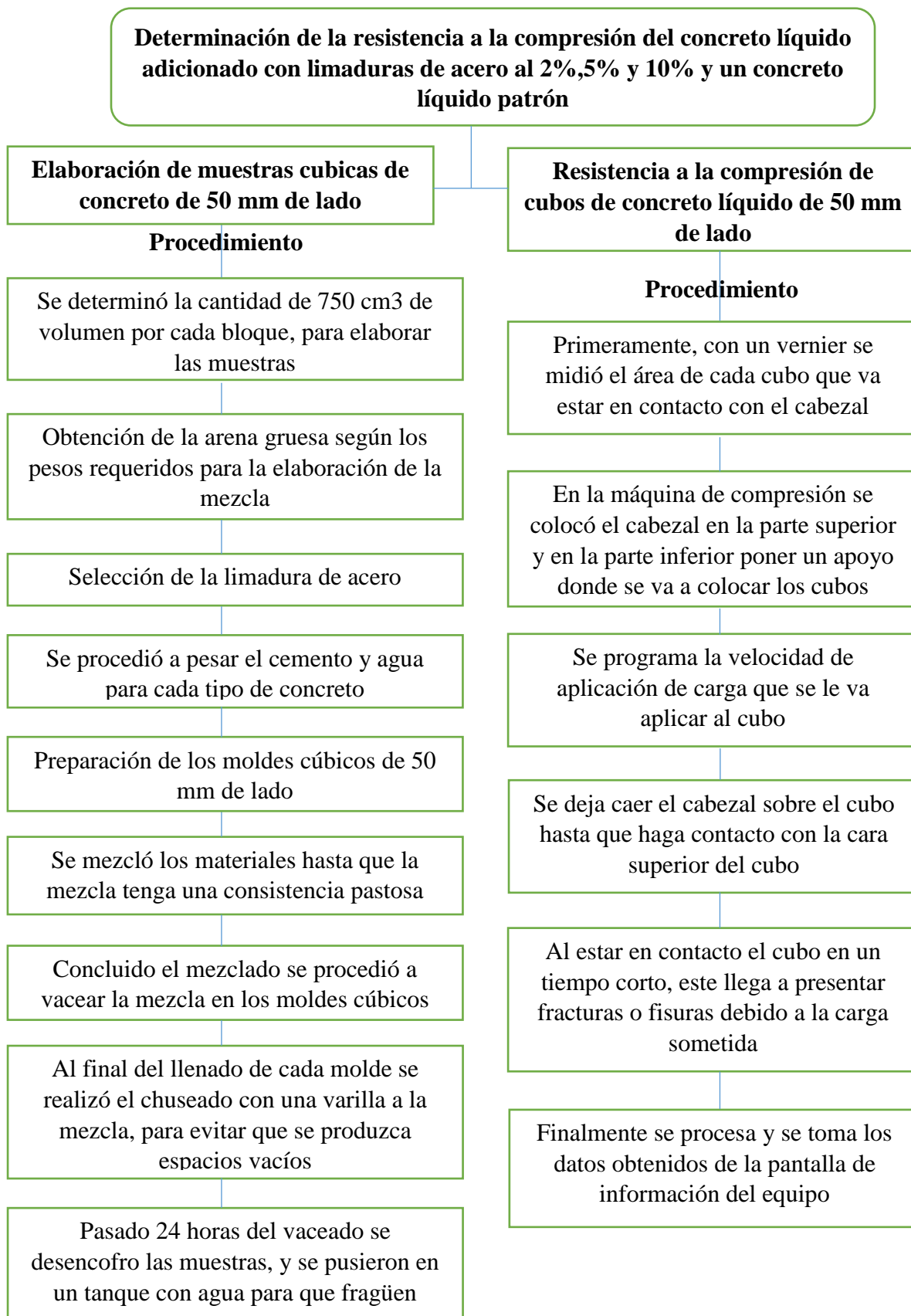


Figura 51: diagrama de procedimiento para determinar la resistencia a compresión de prismas cúbicas de 50 mm de lado.

**a) Equipos utilizados en la prueba**

- Máquina de compresión
- Vernier
- Cabezales

**b) Procedimiento**

Para determinar la resistencia a la compresión se contó con 4 bloques de concreto, cada bloque contiene 6 especímenes, un bloque está diseñado con el concreto líquido patrón y los otros tres bloques más están diseñados con la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%. Se evaluaron uno de estos bloques a los 7, 14 y 28 días de acuerdo a la NTP 334.051.

Paso1.- Antes de iniciar el proceso se debe tener en cuenta que los especímenes deben poseer una condición superficialmente seca, luego con un Vernier se midió el área de cada cubo que va estar en contacto con el cabezal y apoyo de la máquina a compresión.



Figura 52: Medición del área de los cubos.

Fuente: Propia.

Paso 2.- En la máquina de compresión colocar el cabezal en la parte superior y en la parte inferior poner un apoyo donde se va a colocar los cubos.



Figura 53: Colocación de los cabezales.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Una vez colocada el cabezal se programa la velocidad de aplicación de carga que se le va aplicar al cubo.



Figura 54: Programación de la velocidad de carga.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Terminada la programación se coloca la muestra en el medio de los cabezales, al inicio se deja caer el cabezal con una velocidad rápida de carga, luego se baja la velocidad de carga cuando el cabezal hace contacto con la cara superior del cubo.



Figura 55: Colocación del cubo de concreto en la máquina de compresión.

Fuente: Propia.

Paso 5.- El cubo estando en compresión tanto superior e inferior en su área de contacto, al pasar un corto tiempo el cubo llega a presentar fracturas o presentar fisuras en sus caras, el cual indica que el cuerpo ha llegado a su resistencia máxima y se comprueba cuando la carga llega a votar datos negativos en la pantalla de información.



Figura 56: Visualización del cubo fracturado que indica la resistencia máxima alcanzada.

Fuente: Propia.



Paso 6.- Finalmente se procesa y se toma los datos obtenidos de la pantalla de información del equipo.



Figura 57: Toma de datos de valores obtenidos de cada rotura de concreto.

Fuente: Propia.

Este proceso se realiza para los cuatro tipos de bloques de concreto líquido elaborados en la investigación.



Figura 58: Bloques de cubo de concreto patrón y su adición con limaduras de acero.

Fuente: Propia.

c) Toma de datos

Las siguientes tablas recolectan todos los datos obtenidos en el ensayo para determinar la resistencia a la compresión de las muestras a los 7, 14 y 28 días de fraguado el concreto líquido.

Tabla 28: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 7 días de fraguado.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018"</b>				
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO LIQUIDO			
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE EDISON SALAZAR HANCCO			
<b>FECHA DE MEZCLADO</b>	03/11/2018		10/11/2018	
<b>EDAD (días)</b>	7			
TIPO DE CONCRETO	MEDICIÓN DE LOS ESPECIMENES EN MILÍMETROS		ESPECIMEN	FUERZA AXIAL (kg-f)
	A	L		
CONCRETO PATRON	50.90	52.70	1°	3,390.00
	50.00	51.40	2°	3,220.00
	55.10	50.70	3°	3,370.00
	50.50	55.00	4°	3,820.00
	55.00	50.70	5°	2,910.00
	51.00	55.00	6°	2,760.00
	<b>52.08</b>	<b>52.58</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 2 %	51.00	56.90	1°	3,210.00
	50.50	55.00	2°	3,750.00
	51.00	51.30	3°	3,200.00
	51.00	56.50	4°	3,740.00
	50.50	49.30	5°	2,610.00
	55.50	51.00	6°	4,010.00
	<b>51.58</b>	<b>53.33</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 5 %	50.50	59.30	1°	2,390.00
	50.90	57.30	2°	2,740.00
	51.00	55.00	3°	2,930.00
	52.20	58.30	4°	2,880.00
	51.40	56.90	5°	3,160.00
	51.20	57.20	6°	2,360.00
	<b>51.20</b>	<b>57.33</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 10 %	56.20	50.90	1°	1,940.00
	59.00	51.00	2°	1,880.00
	58.00	51.30	3°	1,510.00
	50.90	56.90	4°	1,710.00
	58.00	50.30	5°	1,880.00
	57.90	52.00	6°	2,240.00
	<b>56.67</b>	<b>52.07</b>		

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 29: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 14 días de fraguado.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>				
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO LIQUIDO			
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE			
	EDISON SALAZAR HANCCO			
<b>FECHA DE MEZCLADO</b>	03/11/2018		17/11/2018	
<b>EDAD (días)</b>	14			
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>MEDICIÓN DE LOS ESPECIMENES EN MILÍMETROS</b>		<b>ESPECIMEN</b>	<b>FUERZA AXIAL (kg-f)</b>
	<b>A</b>	<b>L</b>		
CONCRETO PATRON	50.30	54.30	1°	4,960.00
	51.20	51.20	2°	4,710.00
	53.00	50.50	3°	4,420.00
	52.50	52.30	4°	4,790.00
	50.50	50.50	5°	4,650.00
	51.00	52.50	6°	5,700.00
	<b>51.42</b>	<b>51.88</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 2 %	52.60	52.40	1°	4,510.00
	50.70	57.30	2°	4,910.00
	50.50	56.70	3°	4,550.00
	50.90	54.50	4°	4,150.00
	50.80	53.70	5°	3,900.00
	54.00	50.90	6°	4,350.00
	<b>51.58</b>	<b>54.25</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 5 %	54.00	51.20	1°	3,280.00
	55.40	50.70	2°	2,120.00
	54.40	51.40	3°	4,430.00
	54.80	51.00	4°	4,650.00
	57.00	50.30	5°	3,960.00
	57.00	51.80	6°	3,410.00
	<b>55.43</b>	<b>51.07</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 10 %	53.00	51.50	1°	3,680.00
	50.90	53.00	2°	2,160.00
	51.30	56.20	3°	2,650.00
	50.90	52.20	4°	2,190.00
	55.60	50.90	5°	4,150.00
	52.50	50.70	6°	3,520.00
	<b>52.37</b>	<b>52.42</b>		

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 30: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la compresión de cubos de concreto líquido de 50 mm de lado a los 28 días de fraguado.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>TESIS: “ Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>				
ENSAYO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO LIQUIDO			
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE			
	EDISON SALAZAR HANCCO			
FECHA DE MEZCLADO	02/11/2018		30/11/2018	
EDAD (días)	28			
TIPO DE CONCRETO	MEDICIÓN DE LOS ESPECIMENES EN MILÍMETROS		ESPECIMEN	FUERZA AXIAL (kg-f)
	A	L		
CONCRETO PATRON	51.00	50.20	1°	5,700.00
	52.40	51.00	2°	5,820.00
	51.50	51.40	3°	5,730.00
	50.00	50.00	4°	5,900.00
	50.00	50.00	5°	5,750.00
	50.40	51.30	6°	6,620.00
	<b>50.88</b>	<b>50.65</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 2 %	53.00	51.60	1°	6,340.00
	53.00	52.00	2°	6,890.00
	50.90	52.70	3°	7,330.00
	51.40	52.40	4°	5,720.00
	50.60	52.40	5°	7,860.00
	51.40	51.00	6°	6,740.00
	<b>51.72</b>	<b>52.02</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 5 %	51.90	50.60	1°	4,520.00
	51.00	52.50	2°	5,160.00
	51.00	50.90	3°	5,590.00
	53.50	53.40	4°	4,440.00
	54.00	52.30	5°	5,090.00
	51.40	53.30	6°	4,930.00
	<b>52.13</b>	<b>52.17</b>		
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURA DE ACERO AL 10 %	52.90	53.00	1°	4,340.00
	51.30	52.40	2°	3,150.00
	53.70	52.60	3°	4,100.00
	50.70	54.00	4°	5,040.00
	54.50	51.00	5°	4,160.00
	54.50	51.00	6°	3,930.00
	<b>52.93</b>	<b>52.33</b>		

Fuente: (Elaboración Propia).

### 3.5.4. Determinar la resistencia a la flexión del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5% y 10% y un concreto líquido patrón

#### 3.5.4.1. Elaboración de muestras tipo viguetas de concreto de 4cm x 4cm x 16 cm de lado

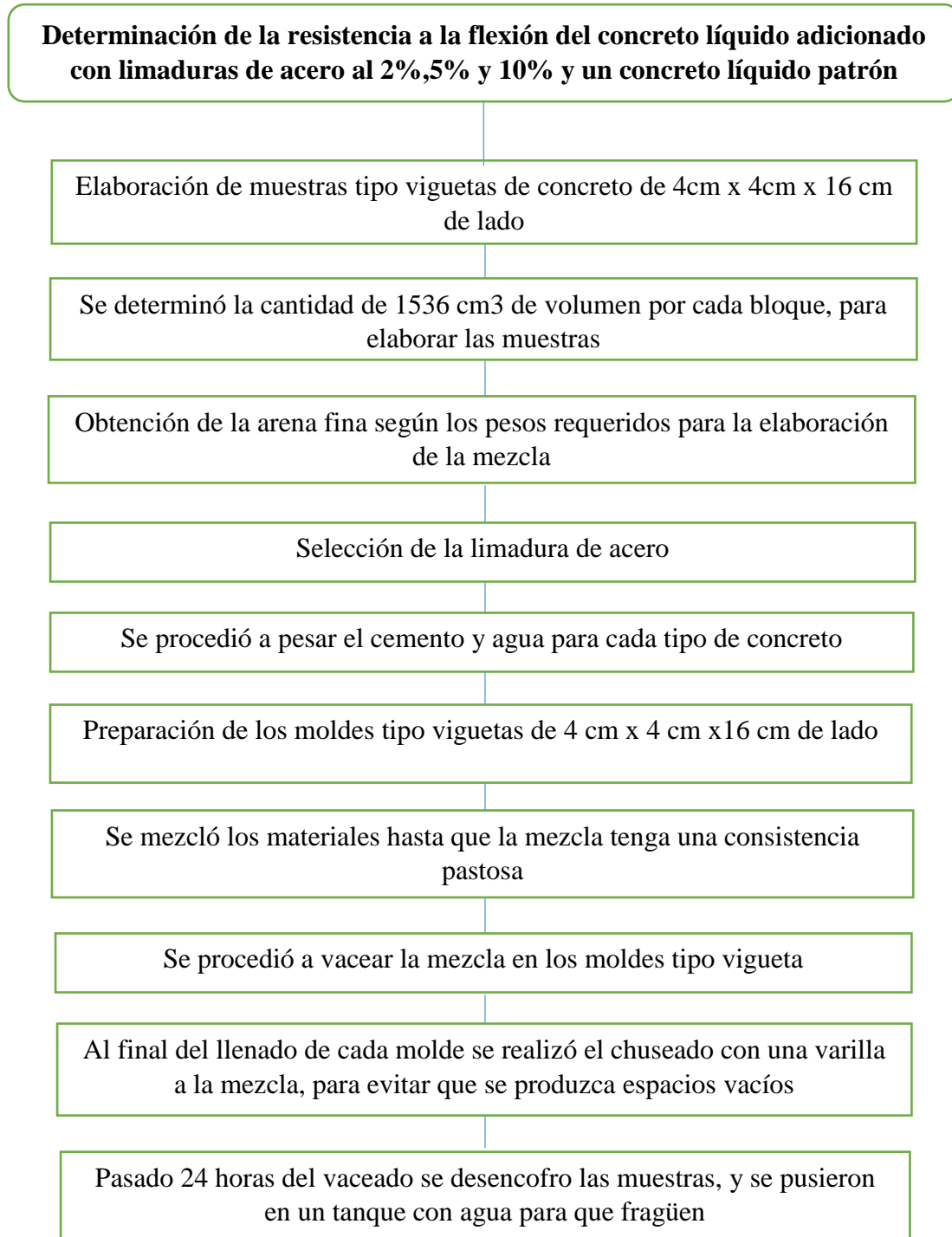


Figura 59: Diagrama de procedimiento para elaboración de barras de concreto tipo viguetas de dimensiones de 40 x 40 x 160 mm.

Fuente: elaboración propia.

**a) Equipos**

- Balanza con precisión de 2 decimales
- Cucharones
- Vasijas de acero
- Bandejas metálicas
- Moldes de madera rectangulares con medidas de 4 cm x 4 cm x 16 cm

**b) Procedimiento para la elaboración de la mezcla y moldeado de muestras**

Para la elaboración de las muestras se utilizó la tabla Nro. 17: dosificación de lechada por volumen para construcción de mampostería.

Paso1.- Para cuantificar la cantidad de cada uno de nuestros componentes que va entrar en la mezcla se calculó el volumen que tiene una muestra tipo vigueta, el cual indica que las viguetas deben tener la siguiente dimensión 4cm x 4cm x 16cm de lado, teniendo un volumen de 1536 cm<sup>3</sup>, con este dato se tuvo la siguiente dosificación para los diferentes tipos de concreto líquido desarrollados en la investigación:

Tabla 31: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido más la adición de 2%, 5% y 10% de limaduras de acero.

Muestra	Cemento Puzolánico Tipo IP (gr)	Agregado fino (gr)	Agua (gr)	Limaduras de acero (gr)
C.L.P	1100.00	2475.00	715.00	
C.L. +2% L. A	1100.00	2425.50	715.00	49.50
C.L. +5% L. A	1100.00	2351.25	715.00	123.75
C.L. +10% L. A	1100.00	2227.50	715.00	247.50

Fuente: Propia.

Paso 2.- Selección de la arena fina, se utilizó la arena fina de la cantera de Cunyac, para la elaboración de la mezcla, previamente se secó la arena fina al aire libre, para obtener el peso del material libre de contenido de humedad, una vez secado el material se pasó a la etapa de selección por el método de cuarteo hasta obtener los pesos requeridos para cada elaboración de la mezcla.



Figura 60: Selección de la arena fina.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Selección de la limadura de acero, antes de pesar el material, previamente se realizó un proceso de tamizado por la malla Nro 50 y Nro 100, y se tomó el material que pasa por la malla Nro.100, ya que solo pasaron solo limaduras de acero y los elementos más grandes quedaron retenidos en la malla Nro.100.



Figura 61: Selección de la limadura de acero.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Se procedió a pesar el cemento y agua para cada uno de los tipos de concreto.



Figura 62: Pesado del cemento.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Preparación de moldes, primero se limpiaron las caras interiores del molde y luego se pasó una capa de petróleo las caras que van estar en contacto con el concreto líquido, y finalmente se armaron los moldes.



Figura 63: Preparación de los moldes.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Después de obtener todos los pesos de cada uno de los materiales y realizar el armado de los moldes, se pasó al proceso de mezclado de los materiales, la mezcla se elaboró mediante un proceso de batido manual en una batea, el proceso se inicia con la mezcla de la arena fina y cemento, luego se echó cada 1/3 del volumen de agua poco a poco a la mezcla, en el último tercio de agua se ve que la mezcla llega a ser pastosa, este proceso se repitió tres



veces más, con la adición de limaduras de acero y sus diferentes porcentajes solicitados para la elaboración de muestras.



Figura 64: Elaboración de la mezcla.

Fuente: Propia.

Paso 7.- Una vez concluida la mezcla se procedió a vaciar el concreto líquido en los moldes de tipo barra de 4cm x 4cm x 16cm, al final del llenado de cada uno de los moldes se realizó el chuseado con una varilla con 25 golpes dispersos en distintos puntos de la mezcla, de esta manera se evitará que se produzca espacios vacíos en el concreto líquido.



Figura 65: Vaceado del concreto líquido en los moldes.

Fuente: Propia.

Paso 8.- Finalmente pasado las 24 horas del vaciado se desencofró las muestras, y luego se procedió a poner en un tanque de agua para que fragüen las muestras hasta la realización del ensayo de rotura a flexión.



Figura 66: Fraguado de las barras del concreto líquido.

Fuente: Propia.

### 3.5.4.2. Resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido de 4cm x 4cm x 16cm

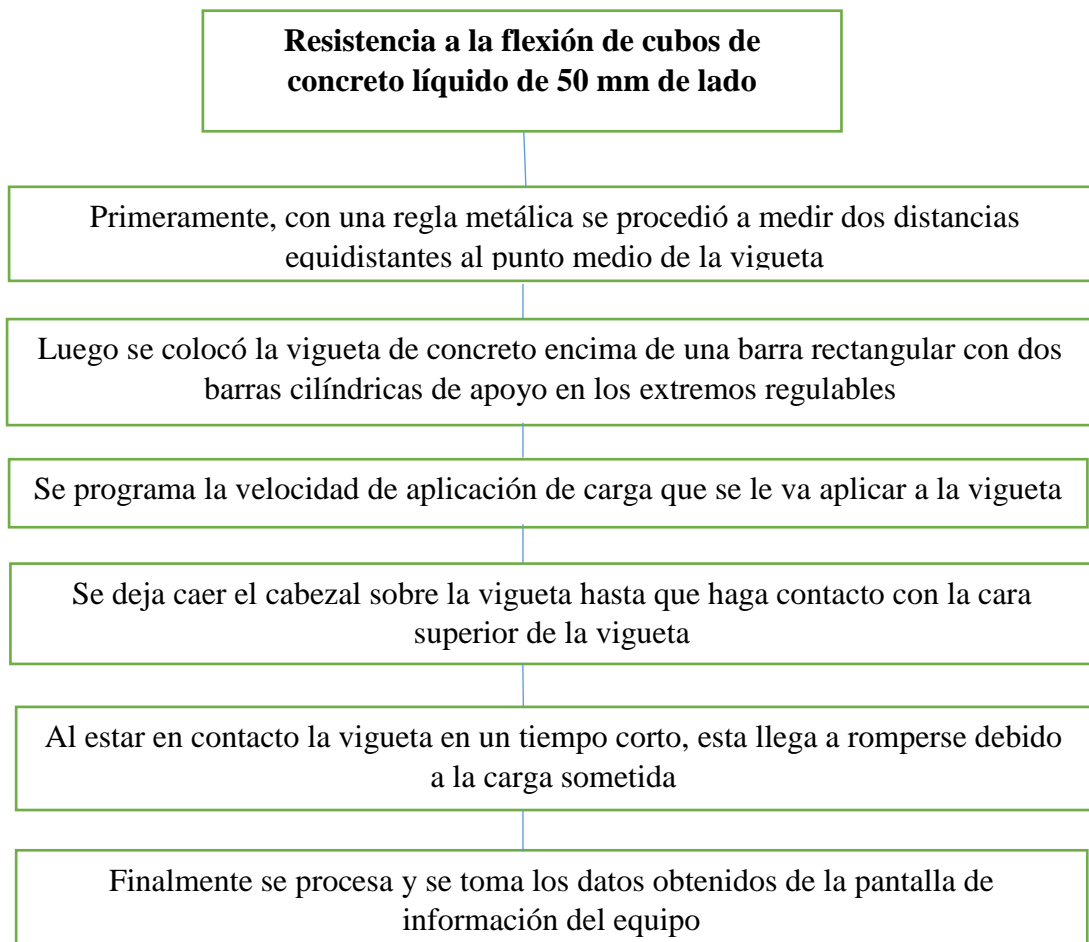


Figura 67: Diagrama de procedimiento para determinar la resistencia a flexión de vigas de dimensiones de 40 x 40 x 160 mm.

Fuente: elaboración propia.

**a) Equipos utilizados en la prueba**

- Máquina CBR
- Barra metálica con dos apoyos tipo cilíndricos metálicos
- Barra cilíndrica con diámetro de 1 pulgada

**b) Procedimiento**

Para determinar la resistencia a la flexión se contó con 4 bloques de concreto, cada bloque contiene 6 especímenes, un bloque está diseñado con el concreto líquido patrón y los otros tres bloques más están diseñados con la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%. Se evaluarán uno de estos bloques a los 7 y 28 días de acuerdo a la norma técnica del MTC E 617.

Paso 1.- Antes de iniciar el proceso se debe tener los especímenes con una condición superficial seca, primeramente, con una regla metálica se procedió a medir dos distancias equidistantes al punto medio de la vigueta.

Paso 2.- Luego se colocó la vigueta encima de una barra metálica, en el cual se apoyan dos barras cilíndricas metálicas de apoyo en los extremos regulables.



Figura 68: Colocación de la vigueta sobre una barra con dos apoyos cilíndricos.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Se programa la velocidad de aplicación de carga que se le va aplicar a la vigueta, y encima de la vigueta se coloca una barra cilíndrica en el punto medio de la barra.

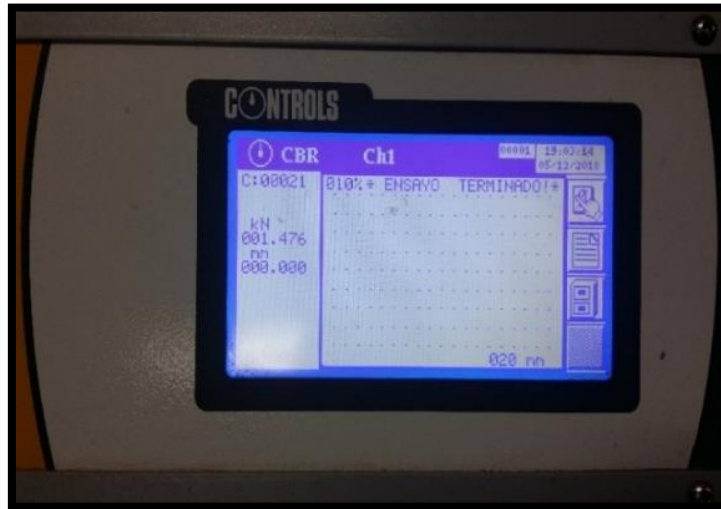


Figura 69: Programación de la velocidad de carga.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Terminado la programación, se deja caer el cabezal superior con una velocidad rápida de carga, luego se baja la velocidad de carga cuando el cabezal hace contacto con la cara superior de la viga de concreto.

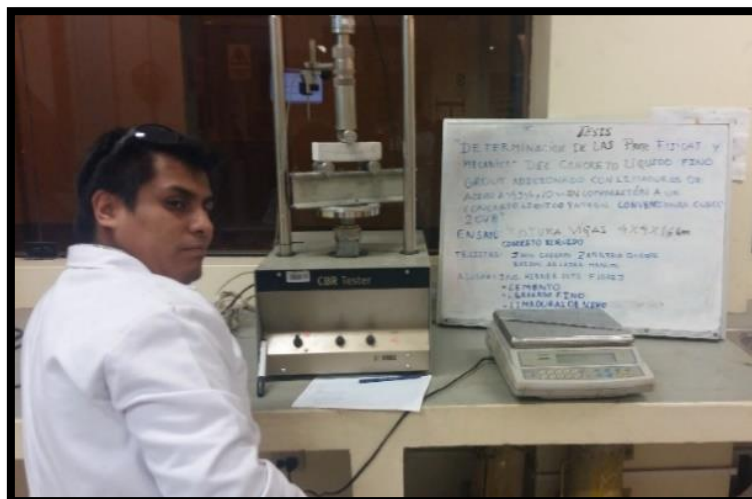


Figura 70: Prueba de flexión de la vigueta usando la máquina CBR.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Una vez que la barra de concreto llega a romperse por acción de la carga puntual se toma los datos sobre la rotura a flexión de la vigueta



Figura 71: Rotura de vigueta por acción de una carga máxima.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Finalmente se procesó y se toma los datos obtenidos de la pantalla de información del equipo.

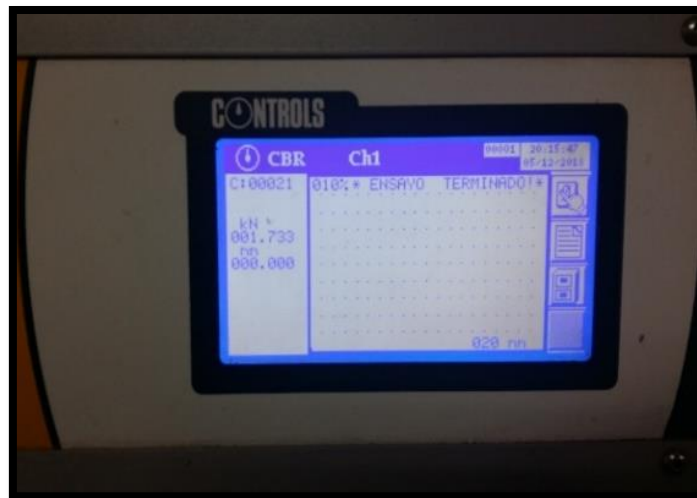


Figura 72: Procesamiento y toma de datos.



Fuente: Propia.

Este proceso se realiza para los cuatro tipos de bloques de concreto líquido elaborados en la investigación.

### c) Toma de datos


Las siguientes tablas recolectan todos los datos obtenidos en el ensayo para determinar la resistencia a la flexión de las muestras a los 7 y 28 días de fraguado el concreto líquido.

Tabla 32: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido de 4cm x 4cm x 16cm de lado a los 7 días de fraguado.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>TESIS: “ Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>					
ENSAYO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO LIQUIDO				
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE				
	EDISON SALAZAR HANCCO				
FECHA DE MEZCLADO	09/11/2018			17/11/2018	
EDAD (días)	7 días				
TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA
		b	h	L	
		cm	cm	cm	NEWTON (N)
CONCRETO PATRON	1°	4.00	4.00	16.00	1550.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1450.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1450.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1250.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1650.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1150.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	4.00	4.00	16.00	1250.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1350.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1650.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1250.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1450.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1250.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	4.00	4.00	16.00	1650.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1250.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1450.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1650.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1350.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1450.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	4.00	4.00	16.00	1350.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1450.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1491.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1461.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1479.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1431.00

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 33: Datos obtenidos para determinar la resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido de 4cm x 4cm x 16cm de lado a los 28 días de fraguado.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>TESIS: “ Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018”</b>					
ENSAYO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO LIQUIDO				
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE				
	EDISON SALAZAR HANCCO				
FECHA DE MEZCLADO	09/11/2018			05/12/2018	
EDAD (días)	7 días				
TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA
		b	h	L	
		cm	cm	cm	NEWTON (N)
CONCRETO PATRON	1°	4.00	4.00	16.00	1476.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1794.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1696.00
	4°	4.00	4.00	16.00	2171.00
	5°	4.00	4.00	16.00	2167.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1526.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	4.00	4.00	16.00	1556.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1771.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1497.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1402.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1564.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1760.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	4.00	4.00	16.00	2024.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1222.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1584.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1478.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1813.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1756.00
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	4.00	4.00	16.00	1934.00
	2°	4.00	4.00	16.00	1949.00
	3°	4.00	4.00	16.00	1712.00
	4°	4.00	4.00	16.00	1733.00
	5°	4.00	4.00	16.00	1870.00
	6°	4.00	4.00	16.00	1719.00

Fuente: (Elaboración Propia).

### 3.5.5. Determinar del tiempo de fraguado del concreto líquido adicionado con limaduras de acero al 2%,5%, y 10% y de un concreto líquido patrón

#### 3.5.5.1. Elaboración de la mezcla y preparación de los moldes

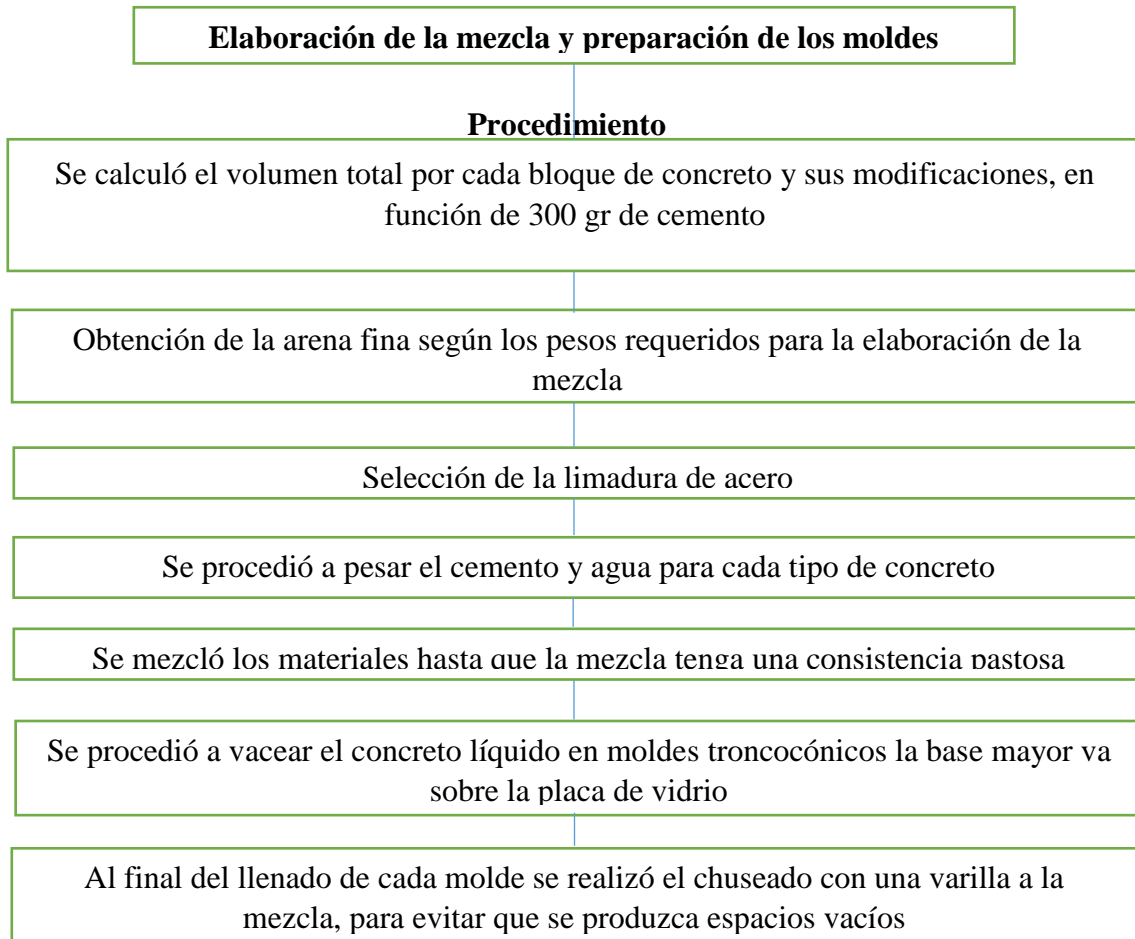


Figura 73: Diagrama de procedimiento para elaboración de concreto líquido y su colocado en los moldes troncocónicos.

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Equipos

- Balanza con precisión de 2 decimales
- Cucharones
- Vasijas de acero
- Bandejas
- Moldes tronco-cónicos
- Placas de vidrio



**b) Procedimiento para la elaboración de la mezcla y moldeado de muestras**

Para la elaboración de ensayo tiempo de fraguado se utilizó la tabla Nro. 17: dosificación de lechada por volumen para construcción de mampostería.

Paso1.- Para cuantificar la cantidad de cada uno de nuestros componentes se calculó el volumen total que va entrar en cada bloque de concreto líquido y sus modificaciones con la adición de limaduras de acero, en función de 300 gr de cemento, se obtuvo la siguiente dosificación para los diferentes tipos de concreto líquido desarrollados en la investigación:

Tabla 34: Dosificación del concreto líquido patrón (C.L.P) y concreto líquido patrón más la adición de limaduras de acero 2%, 5% y 10%.

MUESTRA	CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP (gr)	AGREGADO FINO (gr)	AGUA (gr)	LIMADURAS DE ACERO (gr)
C.L.P	300.00	675.00	195.00	
C.L. +2% L.A	300.00	675.00	195.00	8.65
C.L. +5% L.A	300.00	675.00	195.00	21.63
C.L. +10% L.A	300.00	675.00	195.00	43.27

Fuente: Propia.

Paso 2.- Selección de la arena fina, se utilizó la arena fina de la cantera de Cunyac, para el desarrollo de selección previamente se realizó el secado del material, una vez secado el material se pasó a la etapa de selección por el método de cuarteo hasta obtener los pesos requeridos para la elaboración de la mezcla por cada tipo de concreto líquido.



Figura 74: Cuarteo de la muestra de la arena fina.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Selección de la limadura de acero, primeramente, se realizó un proceso de tamizado por la malla Nro 50 y Nro 100, y se tomó el material que pasa por la malla Nro.100, ya que solo pasaron solo limaduras de acero y los elementos más grandes quedaron retenidos en la malla Nro.100.



Figura 75: Pesado de la limadura de acero.

Fuente: Propia.

Paso 4.- Se procedió a pesar el cemento y agua para cada tipo de concreto.

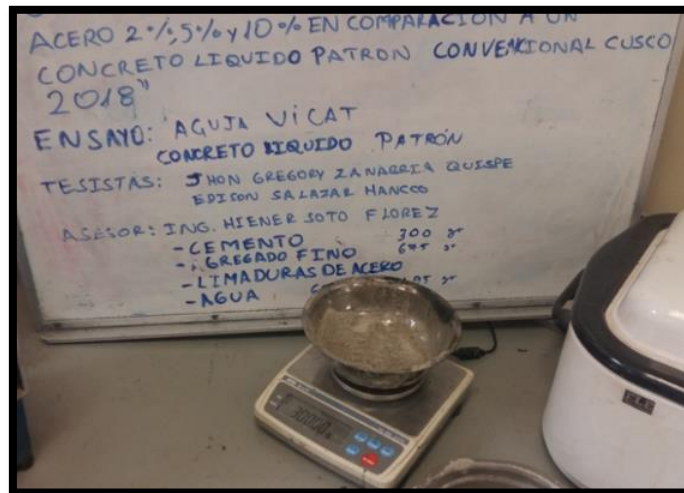


Figura 76: Pesado del cemento.

Fuente: Propia.

Paso 5.- Después de obtener los pesos de cada uno de los materiales, se pasó al proceso de mezclado de los materiales, la mezcla se elaboró mediante un proceso de batido manual en una batea, el proceso se inicia con la mezcla de la arena fina y cemento luego se echó un 1/3

del volumen total de agua utilizada para la mezcla, en el último tercio de agua ya se llega a obtener una muestra pastosa, este proceso se repitió tres veces más, con la adición de limaduras de acero y sus diferentes porcentajes solicitados para la elaboración de muestras.



Figura 77: Proceso de elaboración de la mezcla de concreto.

Fuente: Propia.

Paso 6.- Concluida la mezcla se procedió a vacear el concreto líquido en moldes troncocónicos la base mayor va sobre la placa de vidrio (H), se llenó el molde en dos capas y se utilizó una varilla pequeña para dar 25 golpes a la mezcla y así evitar que se produzca espacios vacíos en el concreto líquido.

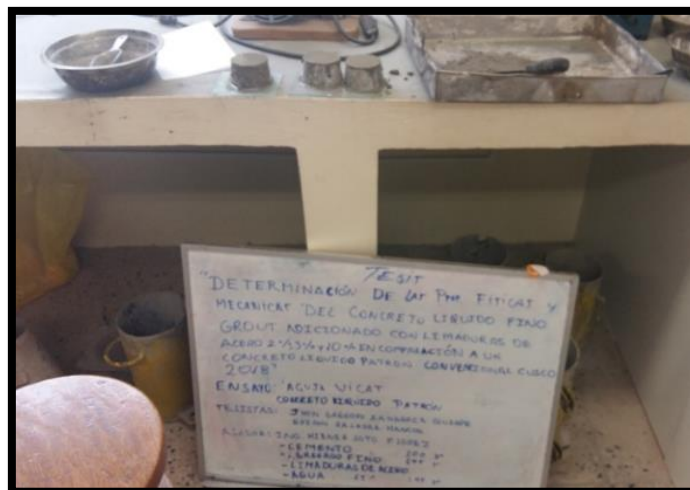


Figura 78: Llenado de moldes troncocónicos para el ensayo de aguja Vicat.

Fuente: Propia.

### 3.5.5.2. Lectura de tiempo de fraguado del concreto líquido con aguja vicat

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Aguja Vicat
- Cronómetro

#### b) Procedimiento del ensayo tiempo de fraguado

Paso 1.- Una vez terminado el proceso de mezclado y moldeado, se deja reposar la muestra por un tiempo de 30 minutos sin que sufra ninguna alteración.

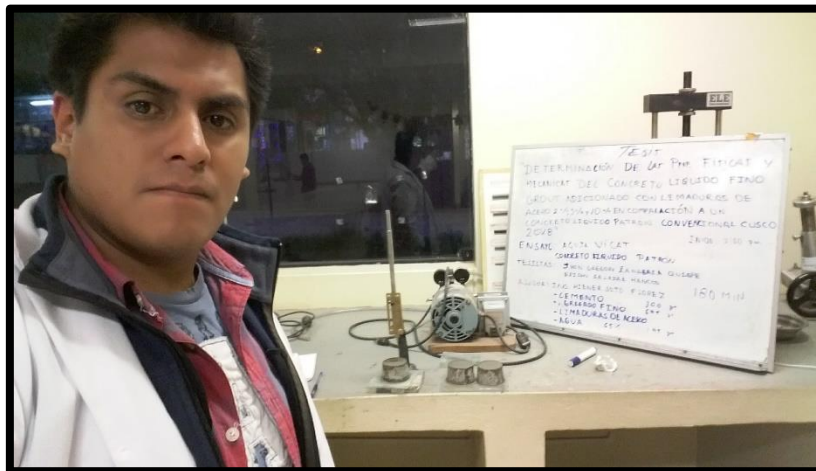


Figura 79: Moldes de concreto y aguja Vicat.

Fuente: Propia.

Paso 2.- Transcurrido los 30 minutos se inicia con la penetración de la guja en la muestra, para ello se requiere de la aguja Vicat, que es un instrumento que posee una aguja de 1mm de diámetro, una vez fijado el instrumento se deja caer la aguja sobre la muestra y después de 30 segundos se levanta la aguja hasta el nivel más alto de la lectura, luego se toma lecturas de penetración con la aguja Vicat cada 15 minutos, y se realiza hasta que la aguja penetre con una lectura de 25 mm o menor dentro de la muestra. Si no penetra exactamente a los 25 mm se hizo la interpolación para determinar el tiempo de fraguado inicial de la muestra, este proceso se realiza para el concreto líquido patrón y sus modificaciones con la adición de limaduras de acero.



Figura 80: Penetración de la aguja Vicat dentro del concreto.

Fuente: Propia.

Paso 3.- Finalmente el proceso termina cuando la aguja deje de penetrar sobre la muestra de concreto y de esta manera se logra determinar el tiempo de fraguado final.



Figura 81: La aguja Vicat deja de penetrar en el concreto líquido.

Fuente: Propia.

Todos los pasos se realizaron para el concreto líquido patrón y sus modificaciones al adicionarle 2%, 5% y 10% de limaduras con respecto al peso del agregado.



c) Toma de datos

Tabla 35: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la primera muestra.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "			
ENSAYO	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
FECHA DE ENSAYO	23/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
TIPO DE CONCRETO:	PATRON		
NÚMERO DE LECTURA	TIEMPO (MINUTOS)	PENETRACIÓN (MILIMETROS)	OBSERVACIONES
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	30.00	FRAGUADO INICIAL
16	255	18.00	FRAGUADO INICIAL
17	270	14.00	
18	285	12.00	
19	300	10.00	
20	315	8.00	
21	330	6.00	
22	345	6.00	
23	360	5.00	
24	375	5.00	
25	390	4.00	
26	405	2.00	
27	420	1.00	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 36: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la segunda muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	23/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CONCRETO:</b>	<b>PATRON</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	26.00	
17	270	25.00	FRAGUADO INICIAL
18	285	15.00	
19	300	12.00	
20	315	9.00	
21	330	7.00	
22	345	7.00	
23	360	5.00	
24	375	5.00	
25	390	4.00	
26	405	2.00	
27	420	1.00	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).



Tabla 37: Tiempo de fraguado del concreto líquido patrón para la tercera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	07/07/2015		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CONCRETO:</b>	<b>PATRON</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	39.00	
16	255	35.00	
17	270	28.00	FRAGUADO INICIAL
18	285	24.00	FRAGUADO INICIAL
19	300	21.00	
20	315	12.00	
21	330	11.00	
22	345	8.00	
23	360	5.00	
24	375	5.00	
25	390	4.00	
26	405	2.00	
27	420	1.00	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).





Tabla 38: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la primera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018"</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 2%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	39.00	
18	285	37.00	
19	300	40.00	
20	315	36.00	
21	330	27.00	FRAGUADO INICIAL
22	345	23.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	19.00	
24	375	15.00	
25	390	11.00	
26	405	6.00	
27	420	1.50	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 39: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la segunda muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 2%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	40.00	
19	300	40.00	
20	315	38.00	
21	330	32.00	FRAGUADO INICIAL
22	345	24.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	22.00	
24	375	19.50	
25	390	15.00	
26	405	8.00	
27	420	3.00	
28	435	1.00	
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	DEJA MARCA
32	495	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 40: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la tercera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 2%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	39.00	
18	285	38.00	
19	300	35.00	
20	315	33.00	
21	330	30.00	
22	345	26.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	18.00	FRAGUADO INICIAL
24	375	12.00	
25	390	7.00	
26	405	4.00	
27	420	1.50	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 41: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la primera muestra.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 5%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	39.00	
19	300	38.50	
20	315	35.00	
21	330	32.00	FRAGUADO INICIAL
22	345	28.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	20.50	
24	375	11.50	
25	390	5.00	
26	405	2.00	
27	420	1.00	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 42: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la segunda muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 5%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	38.00	
19	300	36.00	
20	315	30.50	FRAGUADO INICIAL
21	330	26.00	FRAGUADO INICIAL
22	345	22.00	
23	360	18.50	
24	375	10.00	
25	390	6.00	
26	405	4.50	
27	420	2.00	
28	435	1.00	
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	DEJA MARCA
32	495	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 43: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la tercera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018"</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 5%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	40.00	
19	300	40.00	
20	315	40.00	
21	330	39.00	
22	345	37.00	
23	360	33.50	
24	375	29.00	FRAGUADO INICIAL
25	390	24.00	FRAGUADO INICIAL
26	405	15.00	
27	420	11.00	
28	435	4.00	
29	450	1.00	
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	DEJA MARCA
32	495	0.00	NO DEJA MARCA



Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 44: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la primera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 10%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	40.00	
19	300	40.00	
20	315	39.00	
21	330	35.50	
22	345	28.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	22.00	FRAGUADO INICIAL
24	375	19.00	
25	390	15.00	
26	405	9.00	
27	420	6.00	
28	435	2.00	
29	450	1.00	
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	DEJA MARCA
32	495	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).



Tabla 45: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la segunda muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 10%</b>		
<b>NÚMERO DE LECTURA</b>	<b>TIEMPO (MINUTOS)</b>	<b>PENETRACIÓN (MILIMETROS)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	38.00	
19	300	37.00	
20	315	36.50	
21	330	32.00	
22	345	27.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	22.50	FRAGUADO INICIAL
24	375	16.00	
25	390	11.00	
26	405	8.00	
27	420	6.00	
28	435	2.50	
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	DEJA MARCA
32	495	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).



Tabla 46: Tiempo de fraguado del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la tercera muestra.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto líquido patrón convencional - Cusco 2018 "</b>			
<b>ENSAYO</b>	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT SEGÚN LA NTP 334.006		
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE		
	EDISON SALAZAR HANCCO		
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	24/11/2018		
<b>TOMA DE DATOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO CON LA AGUJA DE VICAT.</b>			
<b>TIPO DE CEMENTO:</b>	<b>MODIFICADO AL 10%</b>		
NÚMERO DE LECTURA	TIEMPO (MINUTOS)	PENETRACIÓN (MILIMETROS)	OBSERVACIONES
1	30	40.00	
2	45	40.00	
3	60	40.00	
4	75	40.00	
5	90	40.00	
6	105	40.00	
7	120	40.00	
8	135	40.00	
9	150	40.00	
10	165	40.00	
11	180	40.00	
12	195	40.00	
13	210	40.00	
14	225	40.00	
15	240	40.00	
16	255	40.00	
17	270	40.00	
18	285	40.00	
19	300	38.50	
20	315	35.00	
21	330	32.00	
22	345	29.00	FRAGUADO INICIAL
23	360	24.50	FRAGUADO INICIAL
24	375	18.00	
25	390	12.00	
26	405	5.00	
27	420	1.00	
28	435	0.00	DEJA MARCA
29	450	0.00	DEJA MARCA
30	465	0.00	DEJA MARCA
31	480	0.00	NO DEJA MARCA

Fuente: (Elaboración Propia).

### 3.6. Procedimientos de análisis de datos

#### 3.6.1. Determinación de la granulometría del agregado fino y más la adición de limaduras de acero al 2%, 5% y 10%.

##### a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Tabla 47: Procesamiento de la granulometría de la arena fina.

<b>PROCESADO LOS DATOS</b>				
<b>N° TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO DE TAMIZ (mm)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MAX (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MIN (%)</b>
4	4.750	99.92	100	95
8	1.180	87.75	100	80
16	0.600	73.07	85	50
30	0.425	53.91	60	25
50	0.300	18.48	30	10
100	0.150	6.62	10	2
200	0.074	0.00	0	0

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 48: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 2% de limaduras de acero.

<b>PROCESADO LOS DATOS</b>				
<b>N° TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO DE TAMIZ (mm)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MAX (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MIN (%)</b>
4	4.750	100.00	100	95
8	1.180	87.97	100	80
16	0.600	75.23	85	50
30	0.425	59.59	60	25
50	0.300	19.97	30	10
100	0.150	6.11	10	2
200	0.074	0.00	0	0

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 49: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 5% de limaduras de acero.

<b>PROCESADO LOS DATOS</b>				
<b>Nº TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO DE TAMIZ (mm)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MAX (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MIN (%)</b>
4	4.750	100.00	100	95
8	1.180	88.92	100	80
16	0.600	76.30	85	50
30	0.425	59.89	60	25
50	0.300	19.01	30	10
100	0.150	6.65	10	2
200	0.074	0.00	0	0

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 50: Procesamiento de la granulometría de la arena fina más 10% de limaduras de acero.

<b>PROCESADO LOS DATOS</b>				
<b>Nº TAMIZ</b>	<b>DIAMETRO DE TAMIZ (mm)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MAX (%)</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA MIN (%)</b>
4	4.750	100.00	100	95
8	1.180	89.91	100	80
16	0.600	75.72	85	50
30	0.425	57.71	60	25
50	0.300	15.92	30	10
100	0.150	5.35	10	2
200	0.074	0.00	0	0

Fuente: (Elaboración Propia).

b) Diagrama de tablas

- Diagrama de la curva granulométría de agregado fino.

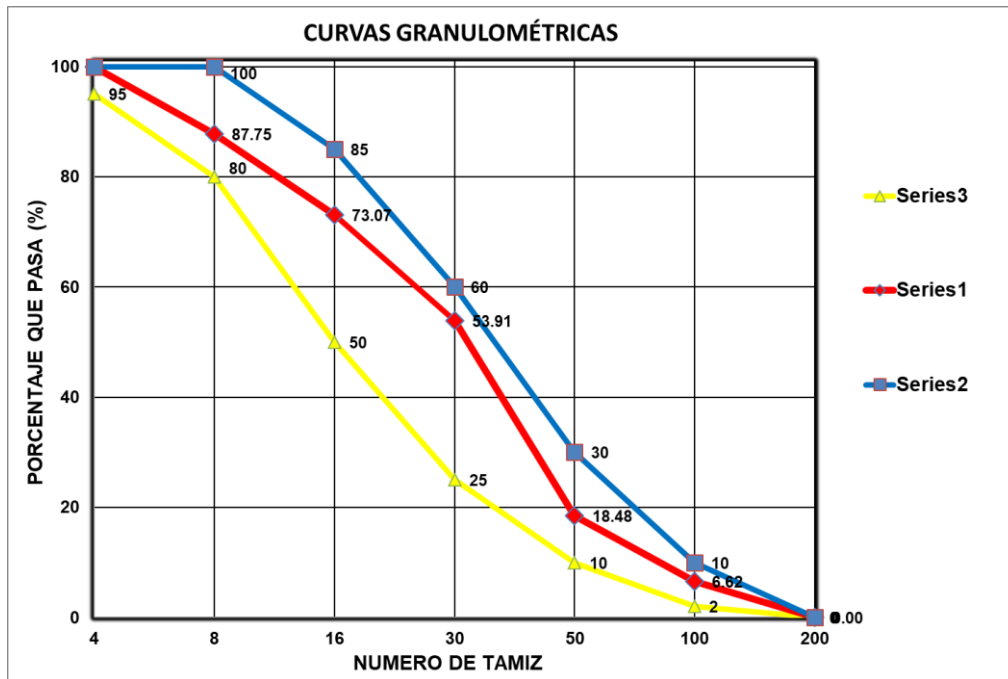


Figura 82: Curva granulométrica de la arena fina.

Fuente: (Elaboración Propia).

- Diagrama de la curva granulométría de agregado fino más 2% de limaduras de acero.

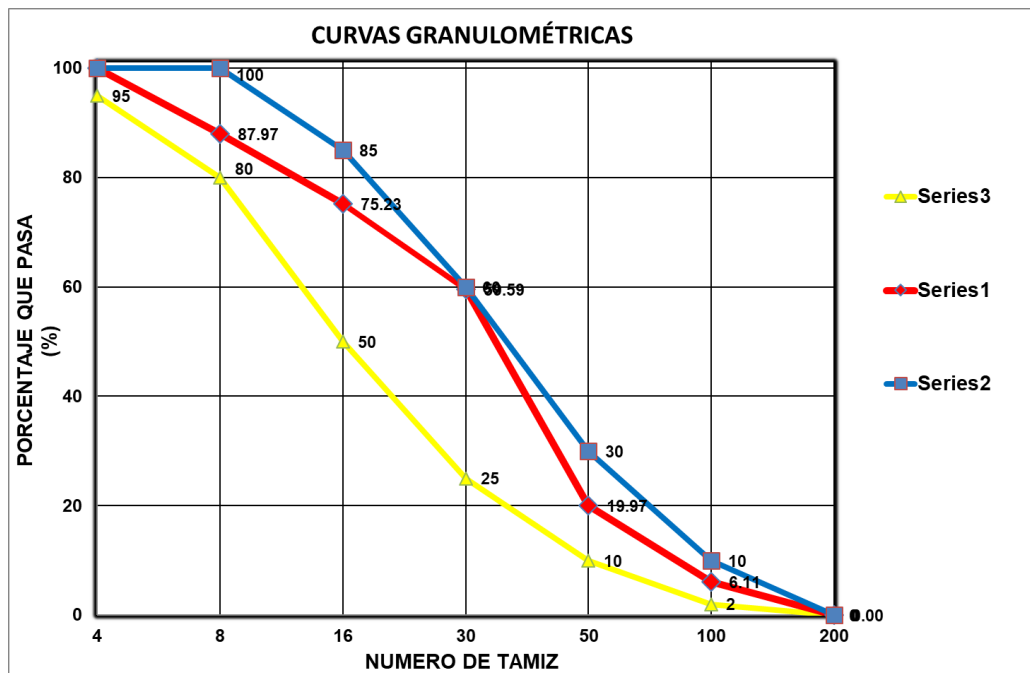


Figura 83: Curva granulométrica de la arena fina más 2% de limadura de acero.

Fuente: (Elaboración Propia).

- Diagrama de la curva granulométría de agregado fino más 5% de limaduras de acero.

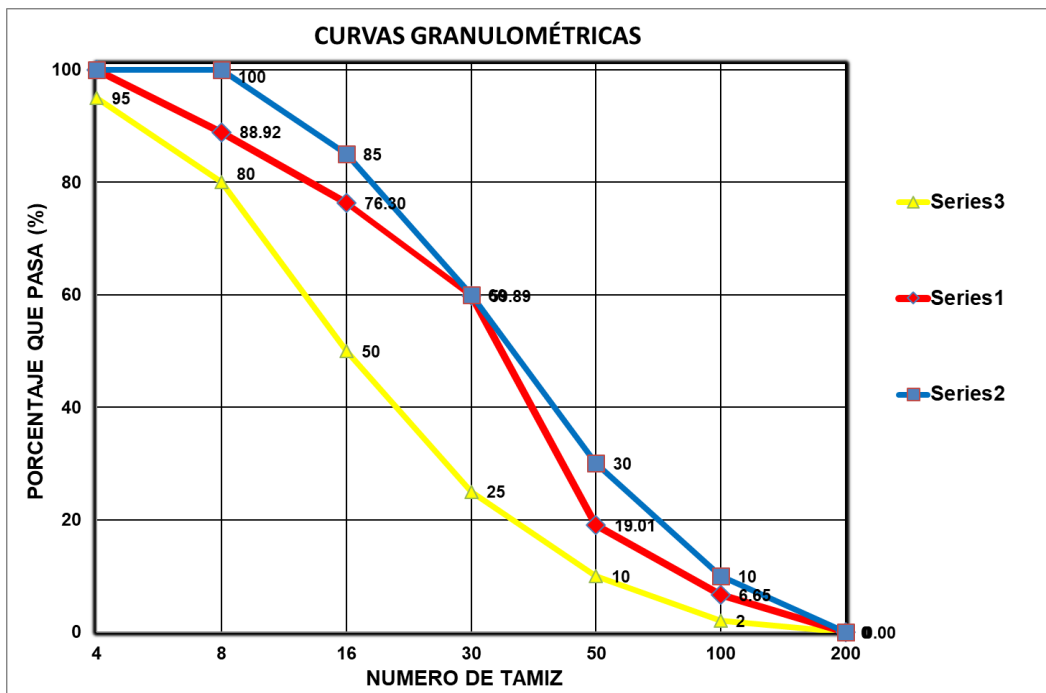


Figura 84: Curva granulométrica de la arena fina más 5% de limadura de acero.

Fuente: (Elaboración Propia).

- Diagrama de la curva granulométría de agregado fino más 10% de limaduras de acero.

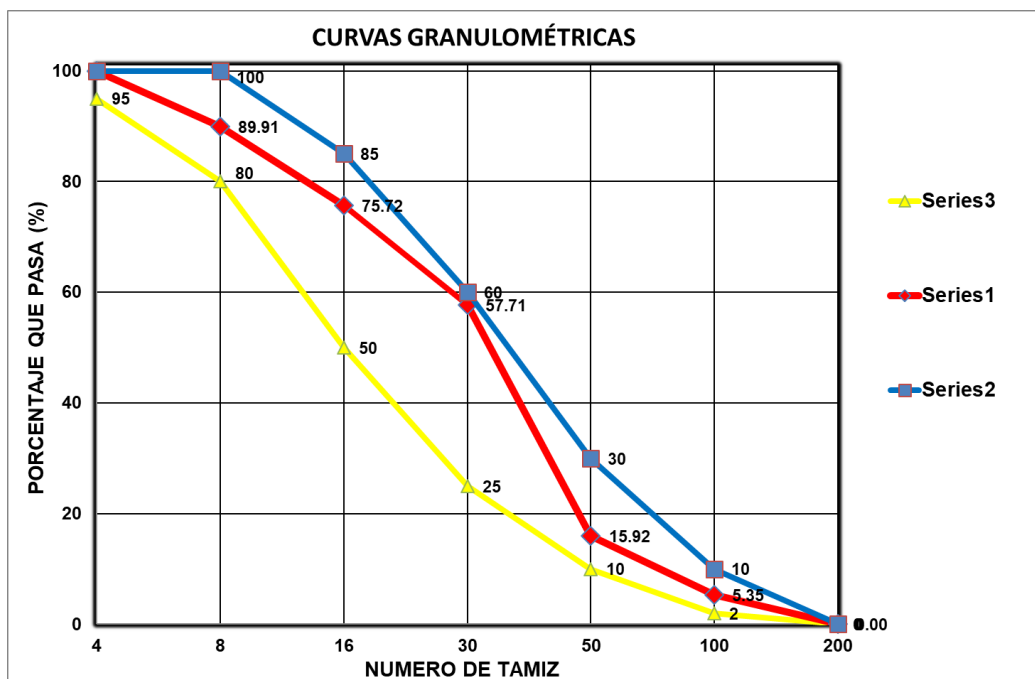


Figura 85: Curva granulométrica de la arena fina más 10% de limadura de acero.

Fuente: (Elaboración Propia).

### c) Análisis de la prueba

Se obtuvo de la prueba de granulometría los siguientes módulos de fineza de la arena y de cada arena adicionada con los porcentajes de 2%,5% y 10% teniendo los siguientes resultados:

Tabla 51. Resultados granulometría.

TIPO DE AGREGADO	MÓDULO DE FINEZA O FINURA		
	GRADADA	RANGO MIN	RANGO MAX
AGREGADO FINO	3.60	3.15	4.38
AGREGADO FINO + 2% LIMADURAS DE ACERO	3.51	3.15	4.38
AGREGADO FINO + 5% LIMADURAS DE ACERO	3.49	3.15	4.38
AGREGADO FINO + 10% LIMADURAS DE ACERO	3.55	3.15	4.38

Fuente: (Elaboración Propia).

De los resultados obtenidos en los módulos de fineza se puede ver que el agregado utilizado para los diferentes ensayos es una arena gruesa.

### 3.6.2. Ensayo determinación de la fluidez

#### a) Procesamiento o cálculo de la prueba

La prueba de Fluidez se procesó con la siguiente formula:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - \text{Diámetro base inferior del molde}}{\text{Diámetro base inferior del molde}} \times 100$$

La prueba de Fluidez teniendo un promedio de la base inferior:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 101.6\text{mm}}{101.6 \text{ mm}} \times 100$$

Tabla 52: Procesamiento de datos de la mesa de fluidez del concreto líquido y sus adiciones con limaduras de acero.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>											
<b>TESIS: "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018"</b>											
<b>ENSAYO</b>	DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DEL CONCRETO LIQUIDO MEDIANTE LA MESA DE FLUJO										
<b>TESISTAS</b>	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE EDISON SALAZAR HANCCO										
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	01/12/2018										
<b>DIÁMETRO INICIAL (mm)</b>	101.6										
<b>DATOS DE LECTURAS DE LA MESA DE FLUJO.</b>											
TIPO DE CONCRETO LIQUIDO	DOSIFICACIÓN				DIÁMETRO (mm)					FLUIDEZ %	FLUIDEZ PROM.%
	CEMENTO	LIMADURA	ARENA	AGUA	1	2	3	4	PROM.		
CONCRETO LIQUIDO PATRON	300.00	0.00	432.68	195.00	195.00	210.00	200.00	200.00	201.25	98.08	112.84
	300.00	0.00	432.68	195.00	225.00	230.00	225.00	225.00	226.25	122.69	
	300.00	0.00	432.68	195.00	225.00	220.00	220.00	220.00	221.25	117.77	
CONCRETO LIQUIDO + 2% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	8.65	424.02	195.00	230.00	240.00	240.00	235.00	236.25	132.53	132.94
	300.00	8.65	424.02	195.00	230.00	230.00	225.00	230.00	228.75	125.15	
	300.00	8.65	424.02	195.00	240.00	245.00	245.00	250.00	245.00	141.14	
CONCRETO LIQUIDO + 5% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	21.63	411.04	195.00	235.00	240.00	240.00	240.00	238.75	134.99	134.17
	300.00	21.63	411.04	195.00	240.00	235.00	240.00	240.00	238.75	134.99	
	300.00	21.63	411.04	195.00	235.00	235.00	240.00	235.00	236.25	132.53	
CONCRETO LIQUIDO + 10% DE LIMADURAS DE ACERO	300.00	43.27	389.41	195.00	240.00	240.00	235.00	240.00	238.75	134.99	136.22
	300.00	43.27	389.41	195.00	245.00	240.00	245.00	240.00	242.50	138.68	
	300.00	43.27	389.41	195.00	235.00	235.00	245.00	240.00	238.75	134.99	

Fuente: (Elaboración Propia).

**b) Verificación de dispersión de datos**

Tabla 53 Determinación del Coeficiente de Variación para datos de fluidez del concreto liquido fino grout adicionado con limaduras de acero

	<b>Concreto líquido Grout adicionado con limaduras de acero</b>
Desviación Estándar	4.18
Media	134.4
Coeficiente de Variación	3.11%
Interpretación del coeficiente de Variación Según Ing. Enrique Pasquel Carbajal	<b>DEFICIENTE</b>
Interpretación del coeficiente de Variación Según INEI Perú	<b>MUY BUENA</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Esta medida se conoce como la **Desviación Estándar** o **Típica** y su nomenclatura es una  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\text{suma}(x_i - \text{media aritmética})^2}{n}}$$

### c) Diagrama de tablas

Diagrama de interpretación de cálculos de la fluidez del concreto líquido

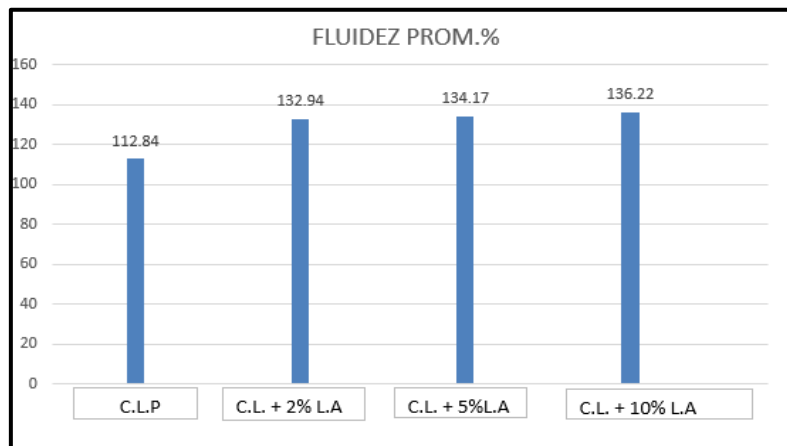


Figura 86: Porcentajes promedios de la fluidez del concreto líquido

Fuente: (Elaboración Propia).

### d) Análisis de la prueba

A mayor dosificación de limaduras de acero se obtuvo un mayor porcentaje de fluidez del grout teniendo el concreto patrón un porcentaje de 112.84% de fluidez, el concreto líquido adicionado con 2% de limaduras de acero tiene un porcentaje de 132.94% de fluidez, el concreto líquido adicionado con 5% de limaduras de acero tiene un porcentaje de 134.17% de fluidez y el concreto líquido adicionado con 10% de limaduras de acero tiene un porcentaje de 136.22% de fluidez.

## 3.6.3. Determinación ensayo de resistencia a la compresión de concreto líquido

### a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Calcularemos la resistencia a la compresión con la siguiente fórmula:



$$f_m = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$f_m$  = Es la resistencia a la compresión en MPa

P = Es la carga máxima total en N

A = Área de la superficie de carga en mm<sup>2</sup>

Tabla 54: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 7 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	FUERZA AXIAL (kg-f)	CARGA MÁXIMA (Newton)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )	PROM. F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO PATRÓN	1°	3,390.00	33,255.90	2,682.43	126.38	118.77
	2°	3,220.00	31,588.20	2,570.00	125.29	
	3°	3,370.00	33,059.70	2,793.57	120.63	
	4°	3,820.00	37,474.20	2,777.50	137.53	
	5°	2,910.00	28,547.10	2,788.50	104.36	
	6°	2,760.00	27,075.60	2,805.00	98.40	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	3,210.00	31,490.10	2,901.90	110.62	124.04
	2°	3,750.00	36,787.50	2,777.50	135.01	
	3°	3,200.00	31,392.00	2,616.30	122.31	
	4°	3,740.00	36,689.40	2,881.50	129.79	
	5°	2,610.00	25,604.10	2,489.65	104.83	
	6°	4,010.00	39,338.10	2,830.50	141.67	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	2,390.00	23,445.90	2,994.65	79.81	93.58
	2°	2,740.00	26,879.40	2,916.57	93.95	
	3°	2,930.00	28,743.30	2,805.00	104.46	
	4°	2,880.00	28,252.80	3,043.26	94.64	
	5°	3,160.00	30,999.60	2,924.66	108.05	
	6°	2,360.00	23,151.60	2,928.64	80.58	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	1,940.00	19,031.40	2,860.58	67.82	63.15
	2°	1,880.00	18,442.80	3,009.00	62.48	
	3°	1,510.00	14,813.10	2,975.40	50.75	
	4°	1,710.00	16,775.10	2,896.21	59.04	
	5°	1,880.00	18,442.80	2,917.40	64.44	
	6°	2,240.00	21,974.40	3,010.80	74.40	

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 55: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 14 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	FUERZA AXIAL (kg-f)	CARGA MÁXIMA (Newton)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )	PROM. F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO PATRÓN	1°		0.00	2,731.29	0.00	169.89
	2°	4,170.00	40,907.70	2,621.44	159.07	
	3°	4,420.00	43,360.20	2,676.50	165.14	
	4°	4,790.00	46,989.90	2,745.75	174.45	
	5°	4,650.00	45,616.50	2,550.25	182.34	
	6°	4,510.00	44,243.10	2,677.50	168.44	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	4,700.00	46,107.00	2,756.24	170.52	161.26
	2°	4,910.00	48,167.10	2,905.11	169.01	
	3°	4,550.00	44,635.50	2,863.35	158.90	
	4°	4,150.00	40,711.50	2,774.05	149.60	
	5°	0.00	0.00	2,727.96	0.00	
	6°	4,350.00	42,673.50	2,748.60	158.26	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	3,280.00	32,176.80	2,764.80	118.63	125.65
	2°	2,120.00	20,797.20	2,916.57	72.69	
	3°	4,430.00	43,458.30	2,805.00	157.93	
	4°	4,650.00	45,616.50	3,043.26	152.80	
	5°	3,960.00	38,847.60	2,924.66	135.40	
	6°	3,410.00	33,452.10	2,928.64	116.44	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	1,940.00	19,031.40	2,729.50	71.08	68.01
	2°	1,880.00	18,442.80	2,697.70	69.69	
	3°	1,510.00	14,813.10	2,883.06	52.37	
	4°	1,710.00	16,775.10	2,656.98	64.36	
	5°	1,880.00	18,442.80	2,830.04	66.43	
	6°	2,240.00	21,974.40	2,661.75	84.16	

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 56: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 28 días de fraguado para determinar la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	FUERZA AXIAL (kg-f)	CARGA MÁXIMA (Newton)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )	PROM. F'C (kg-f/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO PATRÓN	1°	5,700.00	55,917.00	2,560.20	222.64	229.82
	2°	5,820.00	57,094.20	2,672.40	217.78	
	3°	5,730.00	56,211.30	2,647.10	216.46	
	4°	5,900.00	57,879.00	2,500.00	236.00	
	5°	5,750.00	56,407.50	2,500.00	230.00	
	6°	6,620.00	64,942.20	2,585.52	256.04	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	6,340.00	62,195.40	2,734.80	231.83	253.50
	2°	6,890.00	67,590.90	2,756.00	250.00	
	3°	7,330.00	71,907.30	2,682.43	273.26	
	4°	5,720.00	56,113.20	2,693.36	212.37	
	5°	7,860.00	77,106.60	2,651.44	296.44	
	6°	6,740.00	66,119.40	2,621.40	257.11	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	4,520.00	44,341.20	2,626.14	172.12	182.63
	2°	5,160.00	50,619.60	2,677.50	192.72	
	3°	5,590.00	54,837.90	2,595.90	215.34	
	4°	4,440.00	43,556.40	2,856.90	155.41	
	5°	5,090.00	49,932.90	2,824.20	180.23	
	6°	4,930.00	48,363.30	2,739.62	179.95	
CONCRETO AÑADIDO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	4,340.00	42,575.40	2,803.70	154.80	148.71
	2°	3,150.00	30,901.50	2,688.12	117.18	
	3°	4,100.00	40,221.00	2,824.62	145.15	
	4°	5,040.00	49,442.40	2,737.80	184.09	
	5°	4,160.00	40,809.60	2,779.50	149.67	
	6°	3,930.00	38,553.30	2,779.50	141.39	

Fuente: (Elaboración Propia).

b) Diagrama de tablas

Diagrama de interpretación de cálculos de la resistencia a la compresión del concreto líquido a los 7 días de fraguado el concreto.

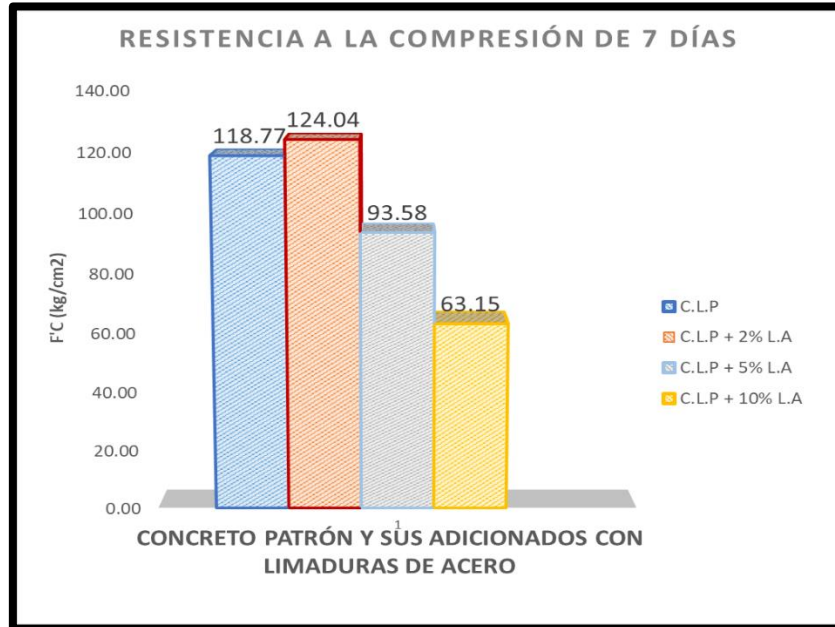


Figura 87: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto líquido.

Fuente: (Elaboración Propia).

Diagrama de interpretación de cálculos de la resistencia a la compresión del concreto líquido a los 14 días de fraguado el concreto.

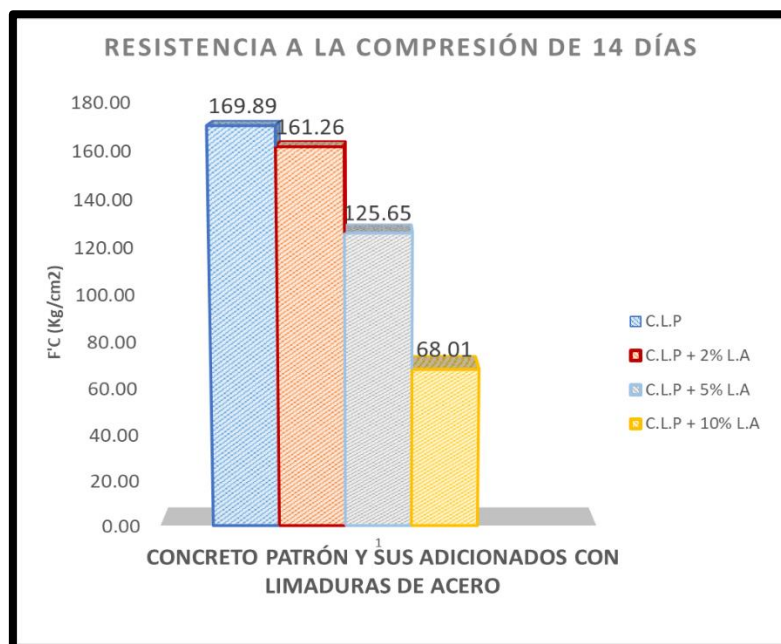


Figura 88: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto líquido.

Fuente: (Elaboración Propia).

Diagrama de interpretación de cálculos de la resistencia a la compresión del concreto líquido a los 28 días de fraguado el concreto.

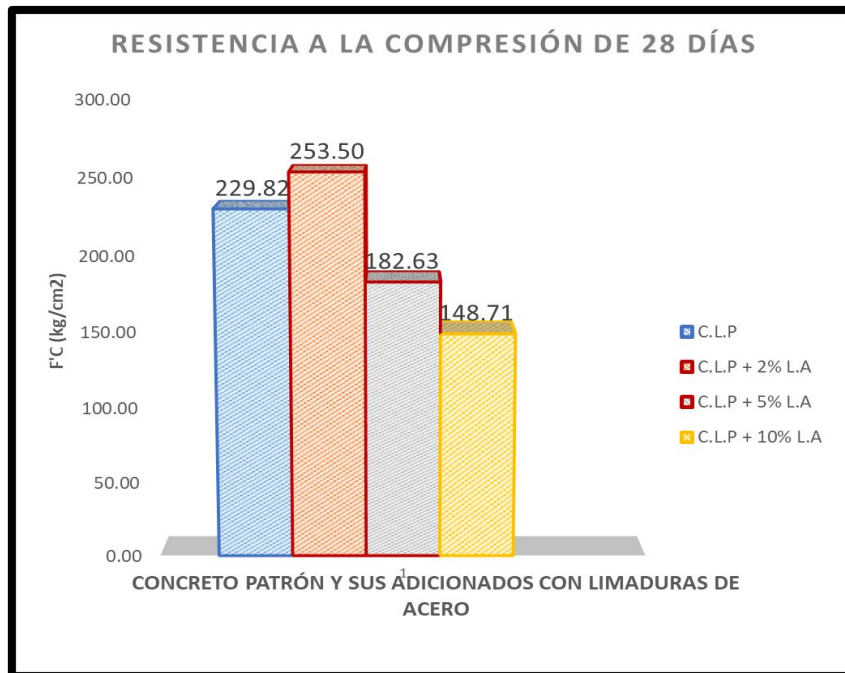


Figura 89: Diagrama de barras de la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto líquido.

Fuente: (Elaboración Propia).

### c) Análisis de la prueba

Se observó que nuestro concreto líquido patrón según el RNE2006-E-070 debería llegar a los 13.72 MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>), se obtuvo una resistencia de 22.55 MPa(229.82 kg/cm<sup>2</sup>) superando en 8.83 MPa (89.82 kg/cm<sup>2</sup>), el concreto líquido añadido con 2% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 24.87 MPa(253.50kg/cm<sup>2</sup>), de igual forma el concreto líquido añadido con 5% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 17.92 MPa(182.63kg/cm<sup>2</sup>) y el concreto líquido añadido con 10% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 14.59 MPa(148.71kg/cm<sup>2</sup>) como se puede apreciar en la figura 90.

### 3.6.4. Determinación ensayo resistencia a la flexión de viguetas de concreto líquido

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Se anota la carga máxima de rotura y se calcula la resistencia en KPa como sigue:

$$S = 0.28 * P \text{ (KPa)}, \text{ según MTC E617}$$

Donde:

S = Resistencia a la flexibilidad, KPa

P = Carga máxima total, N

La resistencia del concreto líquido fino grout a la flexión es el promedio de los resultados obtenidos con la misma muestra y en el mismo periodo de ensayo.



Para nuestra investigación se realizó la modificación de la lectura de la carga aplicada a la vigueta en unidades de kgf, donde  $1\text{kgf} = 9.8067\text{N}$

Tabla 57: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 7 días de fraguado para determinar la resistencia a la flexión.

TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA (P) (N)	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg-f/cm2)	RESISTENCIA A LA FLEXIBILIDAD (S) PROMEDIO S (kg-f/cm2)
		b	h	L			
		cm	cm	cm			
CONCRETO PATRON	1°	4.00	4.00	16.00	1550.00	158.06	144.46
	2°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
	3°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
	4°	4.00	4.00	16.00	1250.00	127.46	
	5°	4.00	4.00	16.00	1650.00	168.25	
	6°	4.00	4.00	16.00	1150.00	117.27	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	4.00	4.00	16.00	1250.00	127.46	139.36
	2°	4.00	4.00	16.00	1350.00	137.66	
	3°	4.00	4.00	16.00	1650.00	168.25	
	4°	4.00	4.00	16.00	1250.00	127.46	
	5°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
	6°	4.00	4.00	16.00	1250.00	127.46	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	4.00	4.00	16.00	1650.00	168.25	149.56
	2°	4.00	4.00	16.00	1250.00	127.46	
	3°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
	4°	4.00	4.00	16.00	1650.00	168.25	
	5°	4.00	4.00	16.00	1350.00	137.66	
	6°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	4.00	4.00	16.00	1350.00	137.66	147.21
	2°	4.00	4.00	16.00	1450.00	147.86	
	3°	4.00	4.00	16.00	1491.00	152.04	
	4°	4.00	4.00	16.00	1461.00	148.98	
	5°	4.00	4.00	16.00	1479.00	150.82	
	6°	4.00	4.00	16.00	1431.00	145.92	

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 58: Procesamiento de datos del concreto líquido a los 28 días de fraguado para determinar la resistencia a la flexión.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>TESIS: " Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10% en comparación a un concreto liquido patrón convencional - Cusco 2018"</b>							
ENSAYO	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO LIQUIDO						
TESISTAS	JHON GREGORY ZANABRIA QUISPE						
	EDISON SALAZAR HANCCO						
FECHA DE MEZCLADO	07/11/2018			05/12/2018			
EDAD (días)	28						
TIPO DE CONCRETO	ESPECIMEN	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA (P) (N)	RESISTENCIA A LA FLEXION (kg-f/cm2)	RESISTENCIA A LA FLEXIBILIDAD (S) PROMEDIO S (Kg/cm2)
		b cm	h cm	L cm			
CONCRETO PATRON	1°	4.00	4.00	16.00	1476.00	150.51	184.06
	2°	4.00	4.00	16.00	1794.00	182.94	
	3°	4.00	4.00	16.00	1696.00	172.94	
	4°	4.00	4.00	16.00	2171.00	221.38	
	5°	4.00	4.00	16.00	2167.00	220.97	
	6°	4.00	4.00	16.00	1526.00	155.61	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 2%	1°	4.00	4.00	16.00	1556.00	158.67	162.30
	2°	4.00	4.00	16.00	1771.00	180.59	
	3°	4.00	4.00	16.00	1497.00	152.65	
	4°	4.00	4.00	16.00	1402.00	142.96	
	5°	4.00	4.00	16.00	1564.00	159.48	
	6°	4.00	4.00	16.00	1760.00	179.47	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 5%	1°	4.00	4.00	16.00	2024.00	206.39	167.86
	2°	4.00	4.00	16.00	1222.00	124.61	
	3°	4.00	4.00	16.00	1584.00	161.52	
	4°	4.00	4.00	16.00	1478.00	150.71	
	5°	4.00	4.00	16.00	1813.00	184.87	
	6°	4.00	4.00	16.00	1756.00	179.06	
CONCRETO ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%	1°	4.00	4.00	16.00	1934.00	197.21	185.54
	2°	4.00	4.00	16.00	1949.00	198.74	
	3°	4.00	4.00	16.00	1712.00	174.57	
	4°	4.00	4.00	16.00	1733.00	176.72	
	5°	4.00	4.00	16.00	1870.00	190.69	
	6°	4.00	4.00	16.00	1719.00	175.29	

Fuente: (Elaboración Propia).

**b) Diagramas, tablas**

Diagrama de interpretación de cálculos de la resistencia a la flexión del concreto líquido a los 7 días de fraguado el concreto.

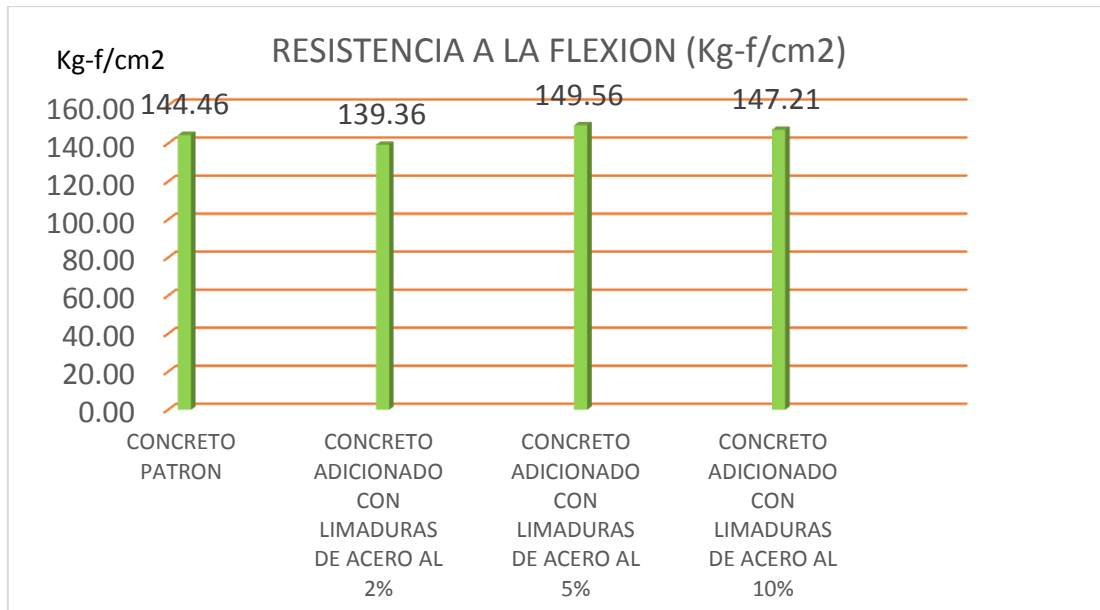


Figura 90: Diagrama de barras de la resistencia a la flexión alcanzada por el concreto líquido  
Fuente: (Elaboración Propia).

Diagrama de interpretación de cálculos de la resistencia a la flexión del concreto líquido a los 28 días de fraguado el concreto.

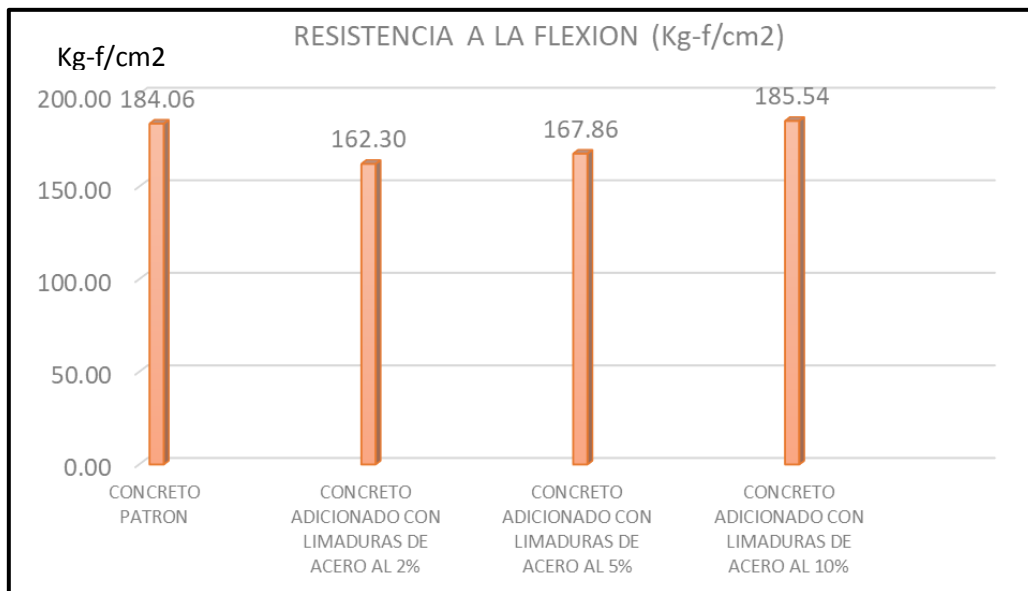


Figura 91: Diagrama de barras de la resistencia a la flexión alcanzada por el concreto líquido.  
Fuente: Elaboración Propia.



### c) Análisis de datos

Se observó que nuestro concreto líquido patrón llegó a 184.06 Kg-f/cm<sup>2</sup>, el concreto líquido añadido con el 2% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 162.30 Kg-f/cm<sup>2</sup>, de igual forma el concreto líquido añadido con el 5% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 167.86 Kg-f/cm<sup>2</sup> y el concreto líquido añadido con el 10% de limaduras de acero obtuvo una resistencia de 185.54 Kg-f/cm<sup>2</sup> obteniéndose en 1.48 Kg-f/cm<sup>2</sup> una mejora a la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón como se puede apreciar en la figura 92.

### 3.6.5. Determinación del tiempo de fraguado del concreto líquido

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para hallar el tiempo de fraguado se hizo las interpolaciones de los tiempos cercanos al 25 mm de penetración de la aguja Vicat y se visualizan en las siguientes tablas:

Tabla 59: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la primera muestra.

25 mm esta entre los parametros			
CONCRETO LIQUIDO PATRON			
ANALISIS DE DATOS			
TIEMPO		PENETRACION	
240.00	Min	30.00	mm
X	Min	25.00	mm
255.00	Min	18.00	mm
<b>X=</b>	<b>246.25</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>246.25</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>450.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 60: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la segunda muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENETRACION</b>	
165.00	Min	40.00	mm
X	Min	25.00	mm
180.00	Min	40.00	mm
<b>X=</b>	<b>270.00</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>270.00</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>450.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 61: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido patrón para la tercera muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENETRACION</b>	
270.00	Min	28.00	mm
X	Min	25.00	mm
285.00	Min	24.00	mm
<b>X=</b>	<b>281.25</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>281.25</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>450.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 62: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la primera muestra.

25 mm esta entre los parametros			
ANALISIS DE DATOS			
TIEMPO		PENETRACION	
330.00	Min	27.00	mm
X	Min	25.00	mm
345.00	Min	23.00	mm
<b>X=</b>	<b>337.50</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>	<b>337.50</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>	<b>480.00</b>	<b>Min</b>	

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 63: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la segunda muestra.

25 mm esta entre los parametros			
ANALISIS DE DATOS			
TIEMPO		PENETRACION	
330.00	Min	32.00	mm
X	Min	25.00	mm
345.00	Min	24.00	mm
<b>X=</b>	<b>343.13</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>	<b>343.13</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>	<b>495.00</b>	<b>Min</b>	

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 64: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 2% de limaduras de acero para la tercera muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENETRACION</b>	
345.00	Min	26.00	mm
X	Min	25.00	mm
360.00	Min	18.00	mm
<b>X=</b>	<b>346.88</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>346.88</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>480.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 65: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la primera muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENETRACION</b>	
345.00	Min	28.00	mm
X	Min	25.00	mm
360.00	Min	20.50	mm
<b>X=</b>	<b>351.00</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>351.00</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>480.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 66: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la segunda muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
TIEMPO		PENETRACION	
330.00	Min	26.00	mm
X	Min	25.00	mm
345.00	Min	22.00	mm
<b>X=</b>	<b>333.75</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>333.75</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>495.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 67: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 5% de limaduras de acero para la tercera muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
TIEMPO		PENETRACION	
375.00	Min	29.00	mm
X	Min	25.00	mm
390.00	Min	24.00	mm
<b>X=</b>	<b>387.00</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>387.00</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>495.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 68: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la primera muestra.

25 mm esta entre los parametros			
ANALISIS DE DATOS			
TIEMPO		PENETRACION	
345.00	Min	28.00	mm
X	Min	25.00	mm
360.00	Min	22.00	mm
<b>X=</b>	<b>352.50</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>352.50</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>495.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 69: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la segunda muestra.

25 mm esta entre los parametros			
ANALISIS DE DATOS			
TIEMPO		PENETRACION	
345.00	Min	27.00	mm
X	Min	25.00	mm
360.00	Min	22.50	mm
		2.00	
<b>X=</b>	<b>351.67</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>351.67</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>495.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).



Tabla 70: Procesamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido más 10% de limaduras de acero para la tercera muestra.

<b>25 mm esta entre los parametros</b>			
<b>ANALISIS DE DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENETRACION</b>	
345.00	Min	29.00	mm
X	Min	25.00	mm
360.00	Min	24.50	mm
<b>X=</b>	<b>358.33</b>	<b>Min</b>	
<b>Tiempo de Fraguado Inicial:</b>		<b>358.33</b>	<b>Min</b>
<b>Tiempo de Fraguado Final:</b>		<b>480.00</b>	<b>Min</b>

Fuente: (Elaboración Propia).



- a) Diagrama de interpretación de cálculos del tiempo de fraguado del concreto líquido patrón y sus adiciones con limaduras de acero.



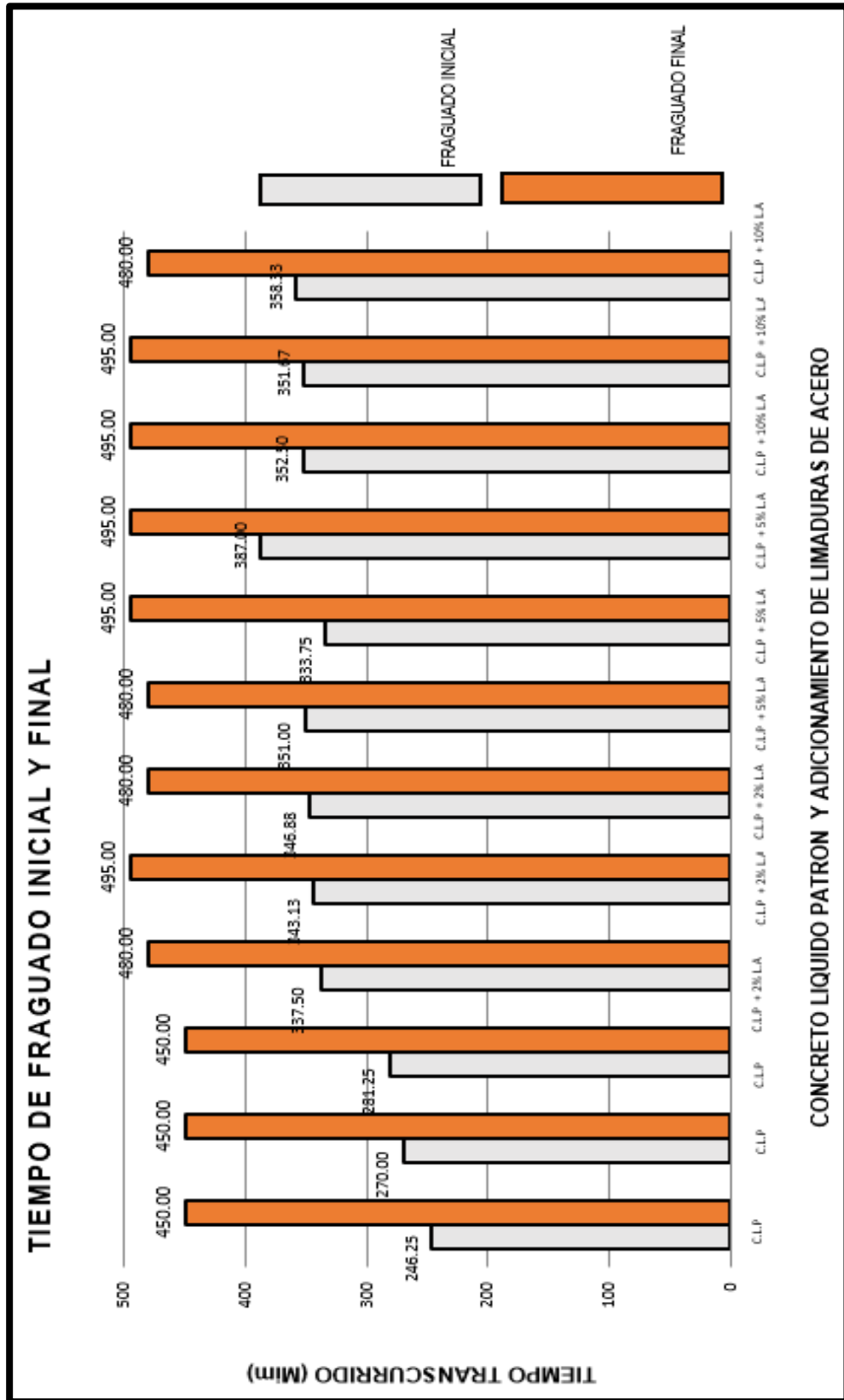


Figura 92: Diagrama de barras del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido.

Fuente: (Elaboración Propia).

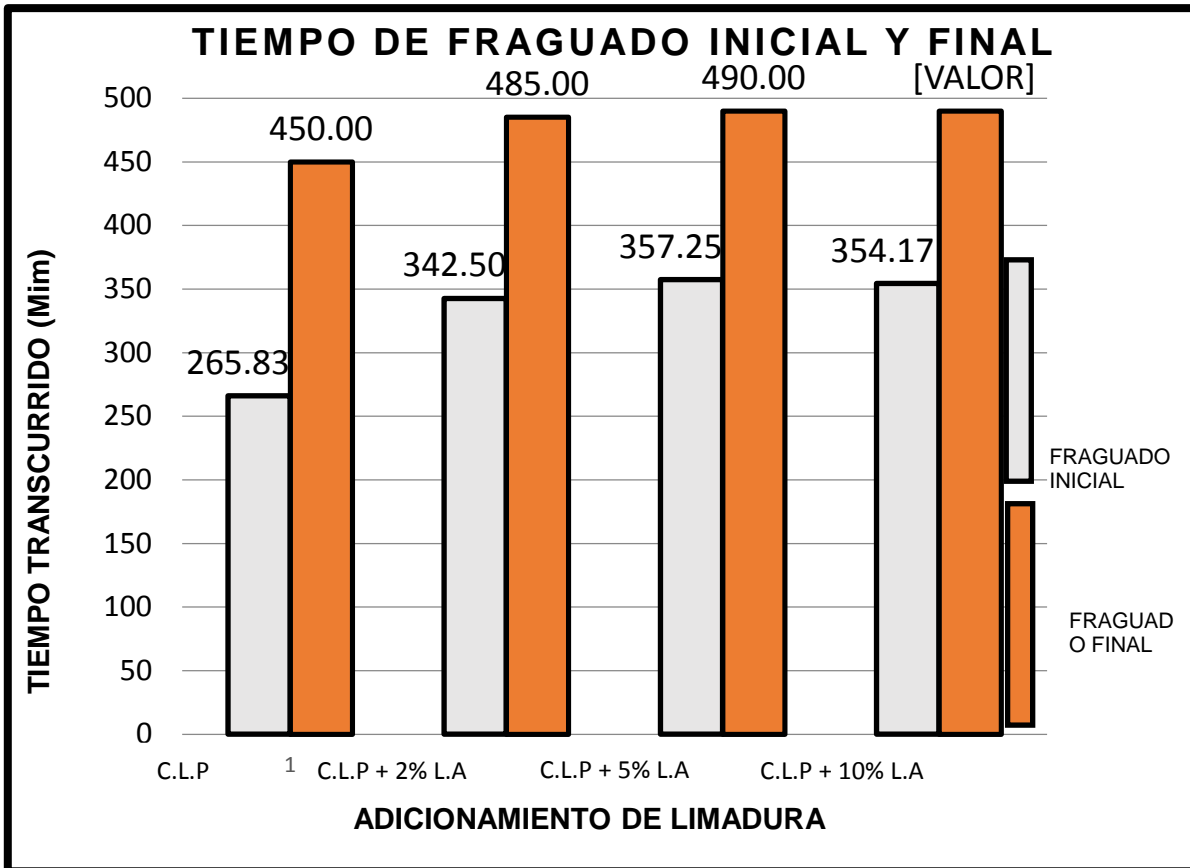


Figura 93: Diagrama promedio de tres muestras para cada tipo de concreto liquido su tiempo de fraguado inicial y final.

Fuente: (Elaboración Propia).

**b) Análisis de la prueba**

El concreto patrón obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 265.83 minutos y un tiempo de fraguado final de 450 minutos, el concreto añadido con 2% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 342.50 minutos y un tiempo de fraguado final de 485 minutos, el concreto añadido con 5% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 357.25 minutos y un tiempo de fraguado final de 490 minutos y el concreto añadido con 10% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 354.17 minutos y un tiempo de fraguado final de 490 minutos.



Tabla 71 Resumen del tiempo de fraguado del concreto líquido.

TIPO DE CONCRETO	FRAGUADO (Min)	
	PROMEDIO INICIAL	PROMEDIO FINAL
C.L.P	265.83	450.00
C.L.P + 2% L.A	342.50	485.00
C.L.P + 5% L.A	357.25	490.00
C.L.P + 10% L.A	354.17	490.00

Fuente: (Elaboración Propia).

## Capítulo IV

### 4. Resultados

#### 4.1. Resultados de la determinación de la fluidez

A mayor cantidad de limaduras de acero se incrementa la fluidez del grout teniendo el concreto patrón un porcentaje de 112.84 de fluidez, el concreto líquido adicionado con 2% de limadura de acero tiene un porcentaje de 132.94 de fluidez, el concreto líquido adicionado con 5% de limadura de acero tiene un porcentaje de 134.17 de fluidez y el concreto líquido adicionado con 10% de limadura de acero tiene un porcentaje de 136.22 de fluidez, es decir que mientras se sustituya mayor cantidad de limaduras de acero se tendrá mayor fluidez, como se puede observar en la tabla Nro. 52.

#### 4.2. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto líquido

Se observó que nuestro concreto líquido patrón según el RNE2006-E-070 debería llegar a 13.72 MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>), sin embargo se obtuvo una resistencia de 22.55 MPa(229.82 kg/cm<sup>2</sup>) superando en 8.83 MPa, el concreto líquido añadido con 2% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 24.87 MPa(253.50kg/cm<sup>2</sup>), de igual forma el concreto líquido añadido con 5% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 17.92 MPa(182.63kg/cm<sup>2</sup>) y el concreto líquido añadido con 10% de limaduras de acero se obtuvo una resistencia de 14.59 MPa(148.71kg/cm<sup>2</sup>), es decir que a una dosificación de 2% de limaduras de acero se obtiene una mejor resistencia en comparación a un concreto patrón, se puede apreciar en la figura Nro. 90 y tabla Nro. 55.

#### 4.3. Resultados de la resistencia a la flexión del concreto líquido

Resultados a flexión en Kg-f/cm<sup>2</sup>:

Se observó que nuestro concreto líquido patrón llegó a 184.06 Kg-f/cm<sup>2</sup>, el concreto líquido añadido con el 2% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 162.30 Kg-f/cm<sup>2</sup>, de igual forma el concreto líquido añadido con el 5% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 167.86 Kg-f/cm<sup>2</sup> y el concreto líquido añadido con el 10% de limaduras de acero obtuvo una resistencia de 185.54 Kg-f/cm<sup>2</sup> obteniéndose en 1.48 Kg-f/cm<sup>2</sup> una mejora a la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón como se puede apreciar en la figura 92.



Resultados a flexión en KPa – Mpa.

Se observó que nuestro concreto líquido patrón llegó a una resistencia de 50.54 KPa (0.0505 MPa), el concreto líquido añadido con el 2% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 44.57 KPa(0.0446MPa), de igual forma el concreto líquido añadido con el 5% de limaduras de acero llegó a una resistencia a la flexión de 46.09 KPa(0.0461 MPa) y el concreto líquido añadido con el 10% de limaduras de acero obtuvo una resistencia de 50.95KPa(0.051MPa) obteniéndose en 0.41KPa una mejora a la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón, es decir que a mayor volumen de sustitución del agregado con limaduras de acero se obtiene mejor resistencia a la flexión, se puede apreciar en la tabla Nro. 57.

#### **4.4. Resultados del tiempo de fraguado inicial y final del concreto líquido**

El concreto patrón obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 265.83 minutos y un tiempo de fraguado final de 450 minutos, el concreto añadido con 2% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 342.50 minutos y un tiempo de fraguado final de 485 minutos, el concreto añadido con 5% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 357.25 minutos y un tiempo de fraguado final de 490 minutos y el concreto añadido con 10% de limaduras obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 354.17 minutos y un tiempo de fraguado final de 490 minutos, es decir que a mayor sustitución de agregado por limaduras de acero se incrementa los minutos de fraguado inicial y final, como se puede apreciar en la tabla Nro. 70 y figura 94.

## Capítulo V

### 5. Discusión

#### 5.1. Discusión Nro.1

##### **¿Por qué se utilizó el Cemento Portland Tipo IP?**

Se usó porque es el insumo más vendido en nuestro medio para todo tipo de construcción y el cemento que se usó fue de la marca Yura, por motivo de encontrarse en el mercado de manera más accesible.

#### 5.2. Discusión Nro.2

##### **¿La dosificación de agua permite obtener valores óptimos de trabajabilidad?**

Según las dosificaciones dadas por la NTP E 070 art. 7, sirve para sus diferentes ensayos, esta dosificación agua, cemento y arena, a través de las pruebas realizadas la fluidez obtenida, no cumple con la fluidez recomendada por la NTP. ( $110 \pm 5\%$ ), para lo cual se añadió una cantidad del 65% adecuada de agua en la elaboración del concreto líquido manteniendo una relativa fluidez sin segregación de los agregados.

#### 5.3. Discusión Nro.3

##### **¿Por qué se utilizó el agregado fino de la cantera de Cunyac?**

Se utilizó porque es el agregado que existe en nuestro mercado teniendo mejores muestras de calidad, con menos residuos que no contribuyen a la producción de un buen concreto líquido y son agregados más limpios.

#### 5.4. Discusión Nro.4

##### **¿Por qué se utilizó limaduras de acero?**

Porque existe una relación en el área de concreto armado donde se utiliza concreto y barras de acero donde se mejoran los comportamientos a los diferentes esfuerzos físicos mecánicos y también porque las corrugas que tienen estas barras se adhieren al concreto.

#### 5.5. Discusión Nro.5

##### **¿Por qué se utilizó las dimensiones en las vigas para resistencia a la flexión?**

Porque se tiene una norma de resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico MTC E 617 donde nos recomienda a usar moldes de 40mm x 40mm x 160mm.



## Glosario

**ABSORCIÓN DEL AGUA:** Es el incremento en la masa del agregado debido a la penetración de agua entre los poros de las partículas durante un período de tiempo, prescrito, pero no incluyendo el agua adherida a la superficie externa de las partículas. Se le expresa como un porcentaje de la masa seca.

**ADITIVOS:** Son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco o endurecido.

**CALOR DE HIDRATACIÓN:** Es el calor expresado en cal/g, desarrollado por la reacción química de hidratación de un cemento y que comienza con la fragua inicial. Cementos con calor de hidratación elevados manifiestan fenómenos de variaciones en el volumen final del concreto, sobre todo en obras que requieren vaciados masivos.

**CEMENTO PORTLAND:** Es el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición requerida de yeso natural y que posee propiedades hidráulicas.

**CONCRETO:** El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla heterogénea cuidadosamente proporcionada de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, aire que puede ser incluido de forma artificial o natural y en algunos casos aditivos para obtener propiedades específicas del concreto.

**COHESIÓN:** Acción y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí o la materia de que están formadas.

**CONTRACCIÓN:** La retracción proviene del secado del concreto expuesto al aire. Cuando el concreto permanece bajo agua, se expande.

Si el concreto es confinado se restringe la contracción o la expansión, y el esfuerzo en el concreto aumenta.

La contracción depende de la calidad del concreto y de la humedad ambiental.

**DENSIDAD:** Es la masa por unidad de volumen de un material expresada en kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico).

**DOSIFICACION:** La dosificación de concreto no es más que las proporciones correspondientes de material que se debe utilizar para el concreto, esto con el fin de obtener unas características que le permitan utilizarlo de manera tranquila, esas características son la resistencia, la durabilidad y adherencia adecuada.



**ENCOFRADO:** Equipo de trabajo utilizado en la construcción de estructuras de concreto, consistente en moldes de madera o de metal destinados a contener el concreto hasta su endurecimiento o fraguado.

**EXUDACIÓN:** Sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado.

**FRAGUAR:** Es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto o mortero de cemento.

**FRAGUADO INICIAL:** Expresa un aumento relativamente brusco de la cohesión de una pasta de cemento, acompañado de una elevación de temperatura

**FRAGUADO FINAL:** Expresa el aumento que la pasta de cemento deja de ser deformable y se transforma en un bloque rígido. Las resistencias mecánicas de este bloque crecen regularmente con el tiempo (endurecimiento).

**FALSO FRAGUADO:** Fenómeno que se produce durante y después del mezclado y que se caracteriza con un espesamiento de la pasta o mortero sin desprendiendo apreciable de calor. Un mezclado prolongado restituye al material su plasticidad.

**FINURA:** Es el grado de molienda determinado por (a) tamices y (b) el área superficial de las partículas (método Blaine, Wagner, etc.).

**GRANULOMETRÍA:** Es la medición y gradación que se lleva a cabo a los granos de un formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto o mortero de cemento.

**LIMITACIONES:** Del latín limitatio, limitación es la acción y efecto de limitar o limitarse. El verbo limitar refiere a poner límites a algo, mientras que la noción de límite está vinculada a una línea que separa dos territorios, al extremo a que llega un determinado tiempo, al extremo que puede alcanzar lo anímico y lo físico o a una restricción.

**LIMADURAS DE ACERO:** material que se obtiene cuando se realiza cortes con la radial a una barra de acero.

**MATERIAL CEMENTANTE:** Es aquel que tiene propiedades adhesivas y cohesivas que hacen posible una ligazón de fragmentos minerales de manera de producir una masa continua y compacta.

**MEZCLA:** Una mezcla es la combinación física de dos o más sustancias que retienen sus identidades y que se mezclan pudiendo formar según el caso aleaciones, soluciones, suspensiones, y coloides.





**OBJETIVO:** Elemento programático que identifica la finalidad hacia la cual deben dirigirse los recursos y esfuerzos para dar cumplimiento a la misión, tratándose de una organización, o a los propósitos institucionales, si se trata de las categorías programáticas.

**OXIDO DE MAGNESIO:** Es la cantidad de magnesio contenida en el cemento y determinada como oxido de magnesio, el cual influye en cambios volumétricos de los morteros y concretos del cemento.

**PROCESO:** Un proceso es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con un fin determinado.

**PROCEDIMIENTO:** Procedimiento es un término que hace referencia a la acción que consiste en proceder, que significa actuar de una forma determinada. El concepto, por otra parte, está vinculado a un método o una manera de ejecutar algo.

Un procedimiento, en este sentido, consiste en seguir ciertos pasos predefinidos para desarrollar una labor de manera eficaz. Su objetivo debería ser único y de fácil identificación, aunque es posible que existan diversos procedimientos que persigan el mismo fin, cada uno con estructuras y etapas diferentes, y que ofrezcan más o menos eficiencia.

**PROPIEDAD:** En el término latino propietas, es donde se encuentra el origen etimológico del concepto propiedad que a continuación vamos a analizar en profundidad. Un vocablo aquel que se forma a partir de la unión de tres partes claramente delimitadas: el prefijo pro- que equivale a “movimiento hacia adelante”, el adjetivo privus que significa “de uno solo” y el sufijo -tas que indica “cualidad”.

**PUZOLANA:** Es un producto que posee propiedades puzolánicas. puede ser natural (tierra de diatomeas, rocas opalinas, esquistos, etc.), material calcinado (los anteriormente nombrados y algunos otros como arcillas y esquistos más comunes) y material artificial (oxide de silicio precipitado y cenizas volantes).

**PROPIEDAD HIDRÁULICA:** Es la aptitud de un material pulverizado de fraguar y endurecer en presencia de agua y formar compuestos prácticamente estables.

**PROPIEDAD PUZOLÁNICA:** Es la aptitud de un material que pulverizado fija hidróxido de calcio a la temperatura ambiente, formando en presencia de agua compuestos que poseen propiedades hidráulicas.

**RECOMENDACIÓN:** Consejo que se da a una persona por considerarse ventajoso o beneficioso: seguiré las recomendaciones del médico para evitar las subidas de tensión arterial.



Elogio verbal o escrito con el que se habla en favor de una persona o una actividad, generalmente para conseguir una ventaja en una actividad o un aspecto laboral: ha entrado a trabajar aquí por recomendación del director.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Es un ensayo que permite medir la carga de rotura de cubos de mortero normalizado de cemento, a tiempos de endurecimiento de edades deseadas (7, 14 y 28 días).

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras

**REVENIMIENTO:** determina la consistencia del concreto fresco o de morteros y verificar la uniformidad de la mezcla.

**TIEMPO DE ENDURECIMIENTO:** Se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado.

## Conclusiones

### Primera Conclusión

Se comprobó parcialmente la hipótesis general con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido añadido con limaduras de acero con respecto a un concreto líquido fino patrón como se puede apreciar en la figura Nro. 90, figura Nro. 92 y tabla Nro. 55, tabla Nro. 57.

### Segunda Conclusión

Se comprobó la sub hipótesis Nro. 1 de dosificación para la mezcla del concreto líquido fino la dosificación de 1:2  $\frac{1}{4}$  :0.65 (cemento/ arena fina/agua), cumpliendo con la dosificación de la norma RNE 2006 – E – 070 y donde se obtuvo buenos resultados con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino como se puede apreciar en la tabla Nro. 17. De igual forma la dosificación del agua en varios diseños de mezcla va del 50% al 60% para concretos estructurales por tanto se usó el 65% para tener la fluidez necesaria y evitando la segregación de los componentes del grout.

### Tercera Conclusión

Se comprobó la sub hipótesis Nro. 2, el revenimiento del concreto líquido fino con 10% de limaduras es mayor que un concreto líquido patrón, obteniéndose un porcentaje de 112.84 de fluidez para un concreto patrón y un porcentaje de 136.22 de fluidez al concreto adicionado con limaduras de acero al 10% como se puede ver en la tabla Nro. 52 y figura Nro. 80.

### Cuarta Conclusión

No se comprobó la sub hipótesis Nro. 3, el concreto líquido fino "grout" con la adición de limaduras de acero de 10% no tiene mayor resistencia a la compresión con respecto a un concreto líquido patrón porque se tuvo una resistencia de 148.71kg/cm<sup>2</sup>, pero la resistencia más óptima fue la del concreto añadido con el 2% de limadura de acero obteniéndose una resistencia de 253.50kg/cm<sup>2</sup> tal como se muestra en la tabla Nro. 55 y figura Nro. 90.

### Quinta Conclusión

Se comprobó la sub hipótesis Nro. 4, el concreto líquido fino "grout" con la adición de limaduras de acero de 10% obtuvo una resistencia a la flexión de 50.95KPa (0.051MPa) mayor a un concreto líquido patrón donde se obtuvo 50.54 KPa (0.0505 MPa), como se aprecia en la tabla 57 y figura 92.

**Conclusión Nro.6**

No se comprobó la sub hipótesis Nro. 5, el concreto líquido grout adicionado con limaduras al 10% no endureció más rápido porque se obtuvo un tiempo inicial de fraguado de 354.17 minutos y un tiempo de fraguado final de 490 minutos y para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 265.83 minutos y un tiempo de fraguado final de 450 minutos, donde se concluye que a mayor dosificación de limaduras de acero se retrasa el tiempo de fraguado como se puede ver en la tabla Nro. 70 y figura Nro. 94.



## Recomendaciones

### Recomendaciones Nro. 1

Se recomienda tomar en cuenta esta investigación donde se usaron limaduras de acero reciclado donde fueron potencialmente fundamentales para la elaboración del concreto líquido fino "grout" donde se pueden generar fuentes de trabajo en la región Cusco.

### Recomendaciones Nro. 2

Se recomienda tomar en cuenta los resultados obtenidos de los porcentajes de limaduras de acero óptimo hallado en la sustitución del agregado fino para la fabricación y optimización del concreto líquido fino "grout".

### Recomendaciones Nro. 3

Se recomienda la utilización de la arena de Cunyac por la composición cuarcífera, las cualidades óptimas que presenta dentro de la curva de granulometría, módulos de fineza que cuenta y se recomienda el lavado de este material agregado.

### Recomendaciones Nro. 4

Se recomienda utilizar moldes de madera en condiciones idóneas según las normas para garantizar la simetría y para desmoldar las muestras de concreto líquido grout en los ensayos respectivos.

### Recomendaciones Nro. 5

Se recomienda tener pozas exclusivas para poder curar el concreto líquido fino "grout" para evitar que estas muestras se estropeen.

### Recomendaciones Nro. 6

Se recomienda tomar en cuenta esta investigación donde se usaron limaduras de acero reciclado para el encamisado de columnas donde será muy fácil el ingreso del concreto líquido fino "grout" adicionado con el 2% de limadura ya que tiene un buen comportamiento a resistencias a compresión.

### Recomendaciones Nro. 7

Se recomienda tener en cuenta el plan de seguridad en laboratorio cumpliendo la normativa y el uso básico de manipulación de cemento (guantes, mascarilla y lentes) para evitar daños posteriores. Tomando como referencia el protocolo de seguridad para laboratorios y talleres de la Universidad Nacional Federico Villareal.



## Referencias

Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima - Perú: San Marcos.

Bartolome, A. S. (2005). *COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA*. LIMA.

Carrasco Flores, N. N., & Quintanilla Cuellar, M. A. (2015). Cusco - Perú: UAC - Universidad Andina del Cusco.

Casabone, H. g. (2006). *Albañilería estructural*.

Catalan Arteaga, C. J. (2013). *Estudio de la influencia del Vidrio Molido en Hormigones H15, H20 y H30. (TESIS)*. Valdivia - Chile: UACH - (Universidad Austral de Chile).

Diario Correo. (1 de Julio de 2009). <http://diariocorreo.pe/>. Recuperado el 10 de julio de 2015, de <http://diariocorreo.pe/>: <http://diariocorreo.pe/ciudad/fabrica-de-cemento-en-cusco-una-utopia-107279/>

Diario: "El Correo". (Agosto de 2010). *Nuevos sectores abastecidos de Agua potable por SEDACUSCO*. El Correo.

E. Bowles, J. (1980). *Manual de laboratorios de Suelos en Ingeniería Civil*. Bogotá - Colombia: McGRAW-HILL Latinonoamericacana S.A..

E.060 RNE. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060 - Concreto Armado*. Lima - Perú: ICG - (Instituto de la Construcción y Gerencia).

Garcia, J. L. (2012). *Estudio experimental del empleo de la diatomita en la producción de concreto con agregados de mina roja, Cunyac y Vicho*. cusco: Uac.

Haro, E. Q. (01 de marzo de 2014).

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/acero\\_estructural.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/acero_estructural.pdf).

Obtenido de

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/acero\\_estructural.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/acero_estructural.pdf).

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *"Metodología de la Investigación"*. México: McGRAW-HILL.



I.C.G. (2016). Manual de la Construcción - Agenda Técnica (15va Edición). Lima - Perú: ICG - (instituto de la Construcción y Gerencia).

Jack C. McCormac, S. F. (2012). Diseño de Estructuras de acero. Mexico: Alfaomega grupo editor, s . a. de C. V.

Jose, A. B. (2005). Fabricacion de hierro, acero y fundiciones 2 vols. España: Ediciones Urmo.

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & y Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Illinois.

Merrit, F. S. (1999). Manual del Ingeniero Civil. En F. S. Merrit, Manual del Ingeniero Civil 4ta Edicion. Mexico: Edita.

Microlog. (04 de setiembre de 2013). <https://micrologt.blogspot.com/2013/09/limaduras-de-hierro.html>. Obtenido de <https://micrologt.blogspot.com/2013/09/limaduras-de-hierro.html>.

N.T.P. 339.035. (1999). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams - CONCRETO. Lima - Perú.: INDECOPI.

N.T.P. 339.088. (2014). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland - CONCRETO. (3era Edición). Lima - Perú: INDECOPI.

N.T.P. 339.185. (2002). Determinacion del Contenido de Humedad para el Agregado Fino y Agregado Grueso - AGREGADOS. (2da Edición). Lima - Perú: INDECOPI.

N.T.P. 400.013. (2013). Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones - AGREGADOS. (3ra Edición). Lima - Perú: INDECOPI.

N.T.P. 400.017. (1999). Método de ensayo para determinar el peso unitario del Agregado - AGREGADOS. (2da Edición). Lima - Perú: INDECOPI.

N.T.P. 400.022. (2013). Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del Agregado Fino - AGREGADOS. (3ra Edición). Lima - Perú: INDECOPI.

N.T.P. 400.037. (2014). Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto - CONCRETO. (3ra Edición). Lima - Perú: INDECOPI.



Norma Técnica de Edificaciones E.070. (2006). albañilería. peru.

Pasquel Carbajal, E. (. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima - Perú: CIP Colegio de Ingenieros del Perú.

Rivva Lopez, E. (2014). CONCRETO - Diseño de Mezclas (Tomo 2), (2da Edición). Lima - Perú: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia.

Villalba, J. Q. (2012). ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL ACERO PULVERIZADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO SIMPLE. CUSCO: CUSCO.

YURA. (2012). [www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe). Recuperado el 20 de Julio de 2015, de [www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe): <http://www.yura.com.pe/productos.html>



## Anexos

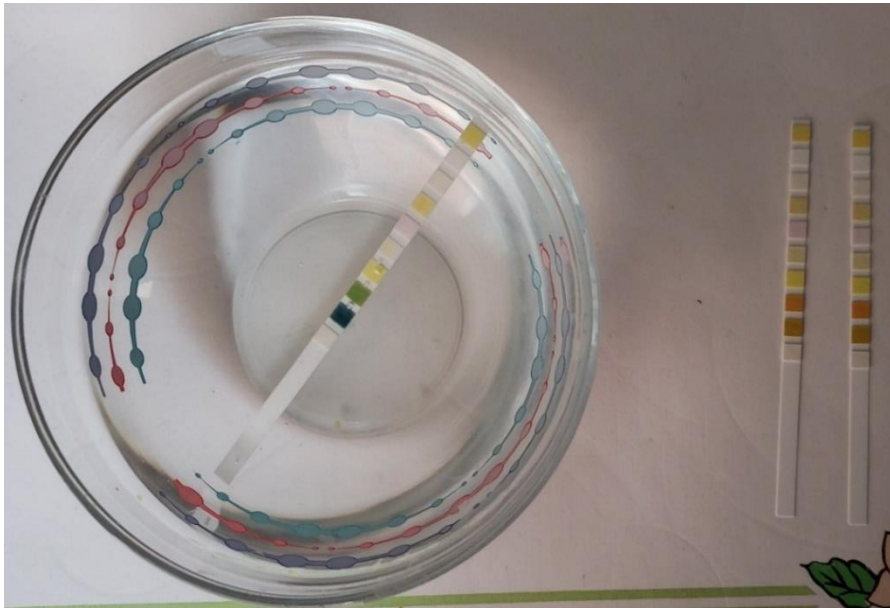
### Anexo 1. Panel fotográfico



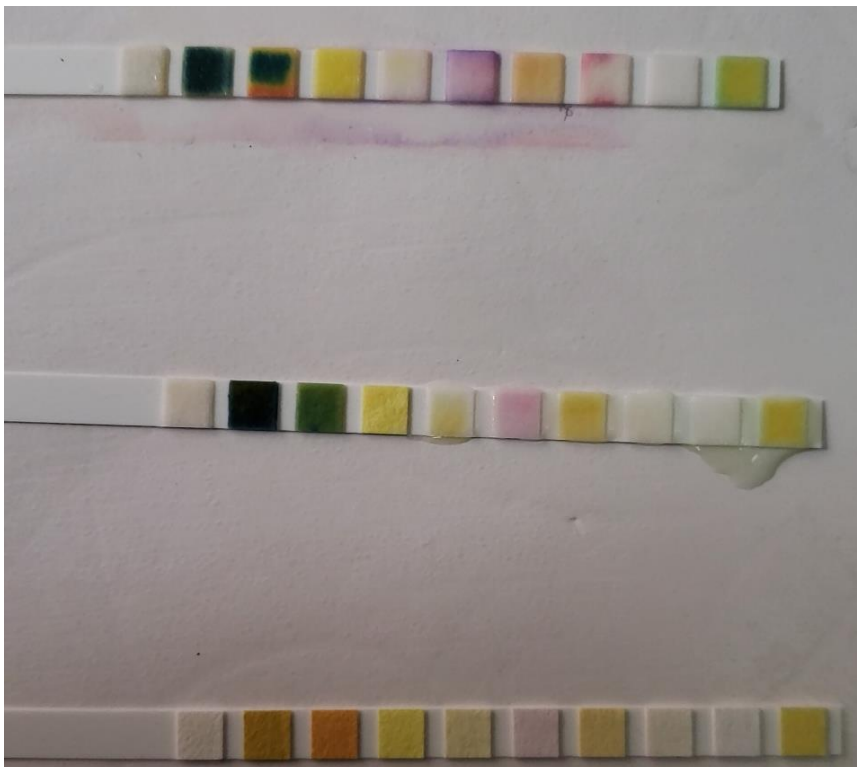
Colocando el agua en el recipiente para realizar la prueba de Ph



Cuadro comparativo de colores de Ph



Observando la reacción de la tira reactiva de Ph



Después de usar las tiras de las pruebas, se obtuvo un Ph  
promedio de 7.



Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	Nivel	INDICADOR	INSTRUMENTO
<p><u>Problema general:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo varían las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “Grout” adicionado con limaduras de acero 2%, 5% y 10%, respecto a un concreto líquido patrón?</li> </ul>	<p><u>Obj. General:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “Grout” adicionado con limaduras de acero en 2%, 5% y 10% respecto a un concreto líquido patrón.</li> </ul>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino “Grout” adicionado con limaduras de acero en 2%, 5% y 10% serán más óptimos que un concreto líquido grout patrón.</li> </ul>	<p><u>Dependientes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades físicas</li> <li>Propiedades mecánicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de endurecimiento</li> <li>Revenimiento</li> <li>Resistencia a la Compresión</li> <li>Resistencia a flexión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiempo (minutos)</li> <li>-Asentamiento (cm)</li> <li>-Fuerza/Área (kg/cm2)</li> <li>-Fuerza/Área (kg/cm2)</li> </ul>	<p>Instrumentos metodológicos:</p> <p>-Guías de observación de campo.</p>
<p><u>Problemas específicos:</u></p> <p>1.- ¿Cuál es la dosificación de mezcla del concreto líquido fino “grout”?</p>	<p><u>Obj. Específicos:</u></p> <p>1.- Determinar dosificación de mezcla óptima del concreto líquido Fino “grout”.</p>	<p><u>Hipótesis específica</u></p> <p>1.- La dosificación de mezcla del concreto líquido fino “grout” tendrá la proporción de (cemento, arena y agua) 1 : 2 ¼ : 0.65</p>	<p><u>Independientes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dosificación</li> <li>Limadura de acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relación a/c</li> <li>Agregado Fino</li> <li>Porcentaje %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporción</li> <li>- Peso (kg)</li> <li>- Peso (kg)</li> </ul>	<p>-Instrumentos de ingeniería</p> <p>-Norma E070</p> <p>-ASTM C 143-00</p>
<p>2.- ¿Cuánto es el revenimiento del concreto líquido fino “Grout” con limaduras de acero con 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?</p>	<p>2.- Determinar el revenimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, con respecto a un concreto líquido patrón.</p>	<p>2.- El revenimiento del concreto líquido fino “grout” con 10% de limadura de acero es mayor que un concreto líquido patrón.</p>				
<p>3.- ¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado a un concreto líquido patrón?</p>	<p>3.- Determinar la proporción añadida al concreto líquido fino “grout” con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, más resistente a la compresión, con respecto a un concreto líquido patrón.</p>	<p>3.-El Concreto líquido fino “grout” con la adición de limaduras de acero de 10 % tendrá mayor resistencia a la compresión con respecto al concreto líquido patrón.</p>				
<p>4.- ¿Cuál es la resistencia a la flexión de un concreto líquido fino “grout” añadido con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?</p>	<p>4.- Determinar la proporción añadida al concreto líquido fino “grout” con limaduras de acero al 2%, 5% y 10%, más resistente a la flexión, con respecto a un concreto líquido patrón.</p>	<p>4.- El concreto líquido fino “grout” con la adición de limaduras de acero de 10% tendrá mayor resistencia a la flexión con respecto al concreto líquido Grout patrón.</p>				
<p>5.- ¿Cuál es el tiempo de endurecimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón?</p>	<p>5.- Verificar el tiempo de endurecimiento del concreto líquido fino “grout” adicionado con limaduras de acero al 2%, 5% y 10% comparado con un concreto líquido patrón.</p>	<p>5.- El concreto líquido “grout” adicionado con limaduras al 10% endurecerá mucho más rápido que el concreto líquido Grout Patrón.</p>				

## Apéndices

### Costo concreto liquido fino grout patrón

S10

Página : 1

#### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0102004 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto liquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparacion a un concreto liquido patron convencional - Cusco 2018"

Subpresupuesto 001 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto liquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparacion a un concreto liquido patron convencional - Cusco 2018" Fecha presupuesto 21/03/2019

Partida	CONCRETO LIQUIDO FINO "GROUT" PATRON				Costo unitario directo por : m3		354.67
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	11.84	7.89	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	9.65	6.43	
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	8.73	46.56	
							<b>60.88</b>
<b>Materiales</b>							
02070200010003	ARENA FINA DE CUNYAC	m3		0.5740	120.00	68.88	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2480	1.00	0.25	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	24.00	216.00	
							<b>285.13</b>
<b>Equipos</b>							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	dia	1.0000	0.0833	40.00	3.33	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	8.00	5.33	
							<b>8.66</b>

### Costo concreto líquido fino grout adicionado con 2% de limaduras de acero

Presupuesto 0102004 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto liquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparacion a un concreto liquido patron convencional - Cusco 2018"

Subpresupuesto 001 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto liquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparacion a un concreto liquido patron convencional - Cusco 2018" Fecha presupuesto 21/03/2019

Partida	CONCRETO LIQUIDO FINO "GROUT" ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO 2%				Costo unitario directo por : m3		361.60
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	11.84	7.89	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	9.65	6.43	
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	8.73	46.56	
							<b>60.88</b>
<b>Materiales</b>							
02070200010003	ARENA FINA DE CUNYAC	m3		0.5680	120.00	68.16	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2480	1.00	0.25	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	24.00	216.00	
0276010015	LIMADURA DE ACERO	kg		7.6500	1.00	7.65	
							<b>292.06</b>
<b>Equipos</b>							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	dia	1.0000	0.0833	40.00	3.33	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	8.00	5.33	
							<b>8.66</b>

### Costo concreto líquido fino grout adicionado con 5% de limaduras de acero

Presupuesto 0102004 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparación a un concreto líquido patron convencional - Cusco 2018"

Subpresupuesto 001 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparación a un concreto líquido patron convencional - Cusco 2018" Fecha presupuesto 21/03/2019

Partida CONCRETO LIQUIDO FINO "GROUT" ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO 5%							
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3			372.19
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	11.84	7.89
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	9.65	6.43
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	8.73	46.56
							<b>60.88</b>
<b>Materiales</b>							
02070200010003	ARENA FINA DE CUNYAC		m3		0.5606	120.00	67.27
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2480	1.00	0.25
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.0000	24.00	216.00
0276010015	LIMADURA DE ACERO		kg		19.1250	1.00	19.13
							<b>302.65</b>
<b>Equipos</b>							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	40.00	3.33
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	8.00	5.33
							<b>8.66</b>

### Costo concreto líquido fino grout adicionado con 10% de limaduras de acero

Presupuesto 0102004 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparación a un concreto líquido patron convencional - Cusco 2018"

Subpresupuesto 001 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto líquido fino "grout" adicionado con limaduras de acero 2%,5% y 10% en comparación a un concreto líquido patron convencional - Cusco 2018" Fecha presupuesto 21/03/2019

Partida CONCRETO LIQUIDO FINO "GROUT" ADICIONADO CON LIMADURAS DE ACERO AL 10%							
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3			389.79
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	11.84	7.89
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	9.65	6.43
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	8.73	46.56
							<b>60.88</b>
<b>Materiales</b>							
02070200010003	ARENA FINA DE CUNYAC		m3		0.5479	120.00	65.75
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2480	1.00	0.25
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		9.0000	24.00	216.00
0276010015	LIMADURA DE ACERO		kg		38.2500	1.00	38.25
							<b>320.25</b>
<b>Equipos</b>							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	40.00	3.33
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	8.00	5.33
							<b>8.66</b>