



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO  
ELABORADO CON AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL  
CONCRETO RECICLADO**

**PRESENTADA POR  
GIANFRANCO NESTOR CHUMPITAZ OCHOA**

**ASESOR  
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**2019**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO  
ELABORADO CON AGREGADO GRUESO PROVENIENTE  
DEL CONCRETO RECICLADO**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**CHUMPITAZ OCHOA, GIANFRANCO NESTOR**

**LIMA – PERÚ**

**2019**





**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO  
ELABORADO CON AGREGADO GRUESO PROVENIENTE  
DEL CONCRETO RECICLADO**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**CHUMPITAZ OCHOA, GIANFRANCO NESTOR**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

Dedico la presente a Dios por ponerme obstáculos, a fin de distinguir lo malo y lo bueno de la vida. A mis padres, por su apoyo constante en toda mi etapa universitaria, por las enseñanzas y valores que me inculcaron de niño. A mi hija Alessia y a todos los que me apoyaron para poder concluir las metas trazadas.

Agradezco a la Universidad y a mi asesor, por guiarme en el proceso de elaboración de mi trabajo de investigación.

A la madre de mi hija por su apoyo constante y su comprensión durante esta presente tesis. A mis familiares, ya que en todo el proceso estuvieron acompañándome con su apoyo incondicional.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xvii
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b>	
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificación	4
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases teóricas	14
2.3 Definiciones conceptuales	63
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b>	
3.1 Tipo de investigación	67
3.2 Diseño de Investigación	67
3.3 Nivel de investigación	67
3.4 Variables	68
3.5 Población y muestra	69
3.6 Instrumentos y equipos	70
3.7 Hipótesis	73
<b>CAPÍTULO IV DESARROLLO Y PRUEBAS DEL PROYECTO</b>	
Caso de investigación	74
4.2. Ejecución de los ensayos en Laboratorio	84
<b>CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
5.1 Análisis de los ensayos de Laboratorio	104

<b>CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	
<b>6.1 Contraste de la hipótesis</b>	<b>122</b>
<b>6.2 Contrastación de los Antecedentes</b>	<b>128</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>133</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>136</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1:</b> Límites granulométricos del agregado fino	16
<b>Tabla 2:</b> Límites granulométricos del agregado grueso	17
<b>Tabla 3:</b> Límites químicos para el agua	21
<b>Tabla 4:</b> Relación entre constituyentes del Clinker y Propiedades del cemento	24
<b>Tabla 5:</b> Requisitos físicos del cemento Portland tipo I	26
<b>Tabla 6:</b> Asentamientos Recomendados	27
<b>Tabla 7:</b> Relación agua-material cementante máxima y Resistencia de diseño mínima para varias condiciones de explosión	28
<b>Tabla 8.</b> Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto	28
<b>Tabla 9.</b> Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado	30
<b>Tabla 10.</b> Volumen de Agregado grueso por volumen Unitario de Concreto	32
<b>Tabla 11:</b> Parámetros en los tamices estándar	33
<b>Tabla 12:</b> Primera estimación del peso del concreto fresco	35
<b>Tabla 13:</b> Tolerancias de ensayo en la edad correspondiente	45
<b>Tabla 14:</b> Producción de Residuos Sólidos en Europa	52

	<b>Página</b>
<b>Tabla 15:</b> Densidad y contenido de aire de concreto nuevos y reciclados	60
<b>Tabla 16:</b> Gravedad específica y Absorción de agregados reciclados	61
<b>Tabla 17:</b> Comparación de las propiedades del concreto reciclado	62
<b>Tabla 18:</b> Operacionalización de la variable independiente	68
<b>Tabla 19:</b> Operacionalización de la variable dependiente	69
<b>Tabla 20:</b> Análisis granulométrico del agregado fino	84
<b>Tabla 21:</b> Contenido de Humedad del agregado fino	86
<b>Tabla 22:</b> Curva granulométrica del agregado grueso	86
<b>Tabla 23:</b> Contenido de Humedad del agregado grueso	88
<b>Tabla 24:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso con 20% de agregado reciclado	88
<b>Tabla 25:</b> Contenido de Humedad del agregado grueso con 20% de agregado reciclado	89
<b>Tabla 26:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso con 30% de agregado reciclado	90
<b>Tabla 27:</b> Contenido de Humedad del agregado grueso con 30% de agregado reciclado	91
<b>Tabla 28:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso con 40% de agregado reciclado	92
<b>Tabla 29:</b> Contenido de Humedad del agregado grueso con 40% de agregado reciclado	93
<b>Tabla 30:</b> Tipos de concreto para el estudio comparativo de los distintos porcentajes de agregado grueso reciclado	94
<b>Tabla 31:</b> Insumos a usar en los diseños de mezcla	95
<b>Tabla 32:</b> Contenido de aire según el tamaño máximo nominal	96
<b>Tabla 33:</b> Volúmenes de materiales sin considerar agregados	97

<b>Tabla 34:</b> Pesos para el diseño Patrón	98
	<b>Página</b>
<b>Tabla 35:</b> Pesos para el diseño con 20% de agregado reciclado	98
<b>Tabla 36:</b> Pesos para el diseño con 30% de agregado reciclado	99
<b>Tabla 37:</b> Pesos para el diseño con 40% de agregado reciclado	99
<b>Tabla 38:</b> Pesos corregidos por humedad en todos los diseños	100
<b>Tabla 39:</b> Aporte humedad de los agregados en los tipos de diseños de mezclas	101
<b>Tabla 40:</b> Agua Efectiva en los diseños de mezclas	101
<b>Tabla 41:</b> Cantidad de Materiales corregidos para el diseño Patrón	102
<b>Tabla 42:</b> Cantidad de Materiales corregidos para el diseño con 20% de agregado reciclado	102
<b>Tabla 43:</b> Cantidad de Materiales corregidos para el diseño con 30% de agregado reciclado	103
<b>Tabla 44:</b> Cantidad de Materiales corregidos para el diseño con 40% de agregado reciclado	103
<b>Tabla 45:</b> Perdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	104
<b>Tabla 46:</b> Perdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	105
<b>Tabla 47:</b> Perdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	106
<b>Tabla 48:</b> Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	108
<b>Tabla 49:</b> Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	108
<b>Tabla 50:</b> Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	108

	<b>Página</b>
<b>Tabla 51:</b> Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	109
<b>Tabla 52:</b> Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	109
<b>Tabla 53:</b> Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	110
<b>Tabla 54:</b> Resistencia a la compresión patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	111
<b>Tabla 55:</b> Resistencia a la compresión patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	112
<b>Tabla 56:</b> Resistencia a la compresión patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	113
<b>Tabla 57:</b> Resistencia a la flexión concreto patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	116
<b>Tabla 58:</b> Resistencia a la flexión concreto patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	116
<b>Tabla 59:</b> Resistencia a la flexión concreto patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	117
<b>Tabla 60:</b> Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado	119
<b>Tabla 61:</b> Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado	119
<b>Tabla 62:</b> Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1:</b> Curvas con Límites especificados para agregados	16
<b>Figura 2:</b> Proceso de Fabricación del Cemento	22
<b>Figura 3:</b> Módulo de Finura	32
<b>Figura 4:</b> Límites de la curva granulométrica Según ACI 304	34
<b>Figura 5:</b> Cono de Abrams	39
<b>Figura 6:</b> Ensayo de asentamiento	39
<b>Figura 7:</b> Sección pulida de un concreto con aire incluido como se ve a través de un microscopio	40
<b>Figura 8:</b> Medidor del tipo de presión para la determinación del contenido de aire	41
<b>Figura 9:</b> Medidor de tiempo de fragua por penetración	42
<b>Figura 10:</b> Resistencias a la compresión por días	43
<b>Figura 11:</b> Relación agua-cemento	44
<b>Figura 12:</b> Relación contenido de cemento con resistencia a compresión	46
<b>Figura 13:</b> Esquema de patrones de tipos de fracturas	47
<b>Figura 14:</b> Ensayo a Compresión de probetas cilíndricas	48
<b>Figura 15:</b> Diagrama para ensayo vigas de flexión	50
<b>Figura 16:</b> Ensayos a Flexión	51
<b>Figura 17:</b> Máquina de Compresión axial electro-hidráulica	71
<b>Figura 18:</b> Máquina de Flexión	71

	<b>Página</b>
<b>Figura 19:</b> Cono de Abrams	72
<b>Figura 20:</b> Medidor contenido de aire de concreto fresco “PRESS – AIRE – METER	72
<b>Figura 21:</b> Penetrómetro para determinar el tiempo de fragua	73
<b>Figura 22:</b> Botadero la Rayón	75
<b>Figura 23:</b> Fragmentación del concreto reciclado	75
<b>Figura 24:</b> Concreto reciclado	76
<b>Figura 25:</b> Trituración del concreto	77
<b>Figura 26:</b> Concreto reciclado triturado	77
<b>Figura 27:</b> Elección selectiva del agregado reciclado	78
<b>Figura 28:</b> Ensayos de Granulometría	79
<b>Figura 29:</b> Ensayo de Peso específico y Absorción	80
<b>Figura 30:</b> Mezclado de concreto	80
<b>Figura 31:</b> Ensayo de consistencia	82
<b>Figura 32:</b> Ensayo de contenido de aire	82
<b>Figura 33:</b> Ensayo de tiempo de fragua	83
<b>Figura 34:</b> Preparación de probetas	84
<b>Figura 35:</b> Curva granulométrica del agregado fino	85
<b>Figura 36:</b> Curva granulométrica del agregado grueso	87
<b>Figura 37:</b> Curva granulométrica del agregado grueso con 20% de agregado reciclado	89
<b>Figura 38:</b> Curva granulométrica del agregado grueso con 30% de agregado reciclado	91
<b>Figura 39:</b> Curva granulométrica del agregado grueso con 40% de agregado reciclado	93
<b>Figura 40:</b> Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 20% de agregado reciclado	105
<b>Figura 41:</b> Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 30% de agregado reciclado	106

	<b>Página</b>
<b>Figura 42:</b> Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 40% de agregado reciclado	107
<b>Figura 43:</b> Comparación de la consistencia de los 4 diseños	107
<b>Figura 44:</b> Comparación de contenido de aire de los 4 diseños	110
<b>Figura 45:</b> Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 20% de agregado reciclado	111
<b>Figura 46:</b> Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 30% de agregado reciclado	112
<b>Figura 47:</b> Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 40% de agregado reciclado	113
<b>Figura 48:</b> Comparación de resistencia a compresión a los 3 días de los 4 diseños	114
<b>Figura 49:</b> Comparación de resistencia a compresión a Los 7 días de los 4 diseños	115
<b>Figura 50:</b> Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de los 4 diseños	115
<b>Figura 51:</b> Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto patrón y concreto con 20% de agregado reciclado	116
<b>Figura 52:</b> Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto patrón y concreto con 30% de Agregado reciclado	117
<b>Figura 53:</b> Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto patrón y concreto con 40% de Agregado reciclado	118
<b>Figura 54:</b> Comparación de Resistencia a Flexión de los 4 diseños	118

**Página**

**Figura 55:** Comparación de tiempos de Fragua inicial  
de los 4 diseños

120

**Figura 56:** Comparación de tiempos de Fragua final  
de los 4 diseños

121

## RESUMEN

Actualmente en la ciudad de Lima se registra una alta cantidad de contaminación ambiental, siendo un factor influyente el incremento de material proveniente de la demolición, identificándose al concreto como el material de donde se puede extraer los agregados reciclados para la elaboración de un nuevo concreto. En este contexto se realizó la siguiente investigación que es de tipo básica, descriptiva, exploratoria, experimental y tiene un enfoque cuantitativo. La variable independiente seleccionada en esta ocasión es el agregado grueso proveniente del concreto reciclado y la variable dependiente vendría a ser las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

La presente tesis tiene como objetivo determinar qué tanta influencia tiene el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  ya que realizaron cuatro diseños de mezcla reemplazando el agregado grueso proveniente del concreto reciclado por el agregado natural, los porcentajes de reemplazo fueron 20%, 30% y 40%; también se diseñó un concreto patrón con el cual se realizaría un comparativo de las propiedades con los otros diseños mencionados. Cabe mencionar que a todos los diseños se le agregan dos aditivos que son Plastiment y Sikament; el primero para darle mayor plasticidad al concreto y el segundo un reductor de agua que hace más económico al concreto.

Al momento de comparar los resultados de los tres diseños, se obtuvo respuestas muy alentadoras, ya que los resultados fueron igual o superiores

a nuestra muestra patrón; sin embargo hubo un diseño que sobresalió por encima de los otros, que es el que tuvo 30% de reemplazo.

**Palabras Claves:** Concreto reciclado, comprensión. Agregado grueso, flexión

## ABSTRACT

Actually, a high amount of environmental pollution is registered in the city of Lima, the increasing of material from demolition is an influential factor, identifying the concrete as material from which recycled aggregates can be extracted as the basis for the development of a new concrete. In this context the following investigation was carried out. This research is basic, descriptive, exploratory, experimental and has a quantitative view. The independent variable selected on this occasion is the gross aggregate from the recycled concrete and the dependent variable would be the physical and mechanical properties of the concrete.

This thesis aims to determine how much influence the gross aggregate from recycled concrete has on the physical and mechanical properties of a concrete of  $F'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ , that is why four mixing designs were made replacing the gross aggregate from the recycled concrete with the natural aggregate, the replacement percentage 20%, 30% and 40% were added to these a concrete pattern with which a comparison of the properties with the other designs mentioned would be made. It is worth mentioning that to all the designs 2 additives were added that were plastiment and sikament. When comparing the results of the 3 designs, very encouraging responses were obtained, since the results were equal to or greater than our standard sample, however there was a design that stood out above the others, which is the design that had 30 % replacement, obtaining this one parameter higher than the other two.

**Keywords:** Recycled concrete, understanding. Thick aggregate, flex

## **INTRODUCCIÓN**

Como antecedentes a esta tesis tenemos que en los últimos años el tema de la contaminación ambiental generada por los residuos sólidos es uno de los más tocados en las reuniones de los Organismos internacionales, ya que es un problema que ha tomado gran relevancia en los últimos años debido al desmesurado crecimiento del volumen de desechos en los botaderos informales. A nivel mundial se encuentra una gran cantidad de residuos sólidos procedentes de las demoliciones que son echados y olvidados en los botaderos informales.

Esta tesis en concordancia con los principios del desarrollo sostenible promueve el reciclaje de los escombros de concreto situados en dichos botaderos, convirtiéndolos los escombros en agregado grueso que será reutilizado en la fabricación de un nuevo concreto.

La problemática es que según el Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, actualmente en Lima tenemos 187 puntos críticos de botaderos informales, los cuales cuentan en su mayoría con escombros procedentes de las demoliciones de empresas que están en el rubro de la construcción, debido a que en los últimos años hay un crecimiento considerable de construcciones multifamiliares. Por otro lado, se tiene la incontrolada explotación de canteras de agregados que afectan la biodiversidad de la ciudad de Lima.

El objetivo general de este trabajo de investigación consiste en determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

La hipótesis general plantea que el agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

Asimismo este proyecto tuvo como limitación que el agregado grueso proveniente del concreto reciclado se extrajo con algunos otros materiales contaminantes como restos de arenilla y cemento.

El presente trabajo de investigación está estructurada de la siguiente manera:

En el Capítulo I se detalla la problemática de la investigación, la formulación del problema, los objetivos así como la justificación e importancia de la investigación.

En el Capítulo II en el Marco teórico se detalla los antecedentes tanto nacionales como internaciones, bases teóricas y definiciones conceptuales.

En el Capítulo III en la Metodología se detalle cómo se realizó la investigación, tanto el diseño, la población, instrumentos y procedimiento, así como la Operacionalización de las variables y la hipótesis.

En el Capítulo IV se muestra el desarrollo y los resultados de la investigación obteniendo así los datos medibles de la tesis y la contrastación de la hipótesis.

Finalmente tenemos la discusión de resultados, las conclusiones, las recomendaciones, referencias anexos y discusión de resultados.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La contaminación ambiental es un problema que genera impactos negativos a nivel mundial, ya que afecta los ecosistemas, genera enfermedades y reduce la esperanza de vida de millones de personas. Los gases contaminantes son tan nocivos para la salud que pueden generar daños incluso antes de nacer.

Se sabe gracias a los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), “La cuarta parte de muertes de niños menos de 5 años, es a causa de la contaminación ambiental”. (OMS, 2017, párr.1)

Cada año, las circunstancias insalubres del medio ambiente como la higiene inadecuada, humo del tabaco y los gases tóxicos que emanan los botaderos informales traen como consecuencia la defunción de 1'700,000 de niños menos a 5 años. Por tales consecuencias es que ahora se ha optado por medidas como las recientemente tomadas en el Perú, el uso de bolsas de plástico biodegradables en supermercados, que tardan aproximadamente 18 meses en degradarse por completo.

En la actualidad en Lima hay una carencia de rellenos sanitarios en donde se pueda botar los escombros procedentes de la construcción de manera controlada, y esto sumado al alto presupuesto en trasladar los residuos sólidos a las zonas de botadero formales se convierten en una de las causas por la cual cada vez aumentan los botaderos informales.

La Red de Comunicación Regional menciona que según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2018) “De los 43

distritos que componen Lima Metropolitana, se encontró que el 42% cuenta con al menos un punto crítico de acumulación de residuos sólidos; según el cual en la capital se detectaron 187 puntos críticos de acopio de residuos sólidos en 18 distritos” (RCR, 2018, párr. 1).

Asimismo, como lo menciona el Ministerio del ambiente (2018) “En 2016, en el Perú, se originó 7'005,576 toneladas de residuos sólidos municipales, de los cual solo se recicló el 1.9% del total de residuos sólidos municipales reutilizables como vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros” (párr. 3).

También, según los reportes del Ministerio del Ambiente, los escombros procedentes de las construcciones se convierten después de las materias orgánicas con 50.43% en los residuos sólidos que más espacio ocupan en los botaderos con 8.7% del total del espacio. Convirtiéndose esto en la principal problemática de la presente tesis.

Por otro lado, tenemos la continua búsqueda de protección del Medio ambiente y la masiva la explotación de agregados grueso naturales, que afectan la flora, fauna y la biodiversidad del planeta. Son por esos motivos que el gobierno central y el Ministerio del Ambiente organizan diferentes campañas para promover el hábito del reciclaje, adoptando políticas que se desarrollan a nivel mundial. Es así que nace la idea del reciclaje del agregado grueso, que contribuye ahorrando espacios de los escombros en los botaderos En este sentido la siguiente investigación busca la correcta eliminación de desechos en la construcción y la protección de recursos de agregados naturales.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema principal**

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto?

## **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a compresión de un concreto?

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a flexión de un concreto?

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la fragua de un concreto?

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la trabajabilidad de un concreto?

¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el contenido de aire de un concreto?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo principal**

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a compresión de un concreto.

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a flexión de un concreto.

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la fragua de un concreto.

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la trabajabilidad de un concreto.

Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el contenido de aire de un concreto

## **1.4 Justificación**

### **1.4.1 Importancia de la investigación:**

Se sabe que en otros países que se usó el concreto con agregado grueso reciclado, dio resultados positivos; ya que ahorraron en presupuesto de concreto y extrajeron parte de los escombros de construcción en los botaderos informales. Asimismo, ayuda a minimizar la explotación de agregado grueso natural de las canteras. Con esta investigación se impulsará a la industrialización del uso del concreto reciclado en las empresas dedicadas a su elaboración, de concreto teniendo como base la optimización del concreto reciclado y la lucha contra la contaminación medioambiental; beneficiando tanto a la población como a las concreteras.

### **1.4.2 Limitaciones de la investigación**

Los resultados de la siguiente investigación, relatará el comportamiento físico y mecánico del concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado. Con respecto a las limitaciones se encontró que para la extracción de agregado grueso proveniente del concreto reciclado, fue un proceso que llevó mucho tiempo, porque la trituración de concreto fue manual para que la piedra no se desintegre pues si se usaba de una chancadora el agregado grueso se podría desintegrar.

Asimismo, después que se extrajo el agregado y se encontró que la piedra no salía completamente limpia, era imposible que el agregado

salga sin restos de arena y cemento, por lo que se trabajó con un porcentaje pequeño de otros materiales.

El resultado fue brindado por los laboratorios de la empresa Mixercon.

### **1.4.3 Viabilidad de la Investigación:**

**Viabilidad técnica:** la presente investigación es viable técnicamente, ya que se dispuso de técnicos en laboratorios de concreto de la empresa Mixercon, los cuales realizarán todos los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso, proveniente del concreto reciclado. Asimismo, con la bibliografía adecuada para elaborar los diferentes diseños de mezcla.

**Viabilidad económica:** La presente investigación fue financiada únicamente por los recursos del autor. La concretera Mixercon brindó los laboratorios de su empresa para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, trabajabilidad, contenido de aire y tiempo de fragua. Este aporte sin fines de lucro ayudó a la correcta realización del estudio.

**Viabilidad Social:** la presente investigación es viable socialmente, ya que ayuda a ahorrar espacio en los botaderos informales de la ciudad de Lima, recordando que los escombros de construcción son los que ocupan más espacio en los botaderos después de los residuos orgánicos. Asimismo, contribuye contra la lucha de la contaminación medio ambiental. Por otro lado, reduce la explotación de canteras de agregado grueso. Por último, no existen inconvenientes o impactos socio - ambientales negativos en la realización de los ensayos de laboratorio.

**Viabilidad Operativa:** los ensayos de laboratorio se ejecutaron de manera precisa y con equipos correctamente calibrados.

#### **1.4.4 Impacto**

**Impacto Teórico:** la presente investigación aporta nuevos conocimientos sobre este nuevo tipo de concreto, elaborado con uno ya usado. Busca beneficios tales como, ahorrar costos en concreto y contribuir contra la contaminación medio ambiental.

**Impacto Práctico:** esta investigación beneficiará a las personas que tienen casas aledañas y se ven afectadas con los botaderos informales de la ciudad de Lima. Además, ayudará a las nuevas concreteras a poder usar el material ya usado y así ahorrar en costo de agregados gruesos. Todo esto sabiendo que el concreto elaborado con agregado reciclado, tiene las mismas propiedades físicas y mecánicas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

La utilización del concreto reciclado se vio reflejada en un principio en los años posteriores a la segunda guerra mundial, donde en los países principalmente de Europa se vio afectada con la gran cantidad de residuos de concreto, por lo que optaron reciclar estos materiales para nuevas construcciones obteniendo grandes resultados. En los países donde más se aplicó esta política de reciclaje fue Gran Bretaña y Alemania ya que contaban con una larga lista de ciudades completamente destruidas. Además cuando las fortificaciones de los países mencionados fueron destruidas, los escombros de concreto fueron usados para la creación de nuevas construcciones. En las publicaciones inglesas, alemanas y rusas se describían perfectamente las propiedades del concreto reciclado, dando resultados satisfactorios en todos los casos. En estas publicaciones se habla bastante del reciclaje de ladrillos pero también hay reportes en los que se habla del concreto reciclado.

##### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

###### **Ponce, C. P. (Lima - 2014)**

En esta época, la industria de la construcción ha incrementado de una manera notable y se ha posicionado como la principal causa del crecimiento de la economía. Actualmente, se ha generado una cantidad considerable de residuos sólidos, ya sea por la construcción de infraestructuras o bien por la demolición de antiguas viviendas o edificios, en

los cuales se construirá una nueva edificación. Estos residuos son llamados “residuos de construcción y demolición”.

Dichos residuos sólidos son materia prima de donde derivará la piedra reciclada y se usa para la generación de un nuevo concreto; sin embargo, este nuevo concreto no es usado frecuentemente, debido a que se cree que tiene propiedades físicas y mecánicas menos eficaces que el concreto convencional.

Los materiales que se usaron en esta investigación fueron: Cementos Sol tipo I, agregado fino natural, agregado grueso natural que fueron utilizados para diseñar la muestra patrón. Los agregados reciclados se sacaron de probetas cilíndricas de concreto. En los ensayos que se hicieron en la investigación fueron de agregados, trabajabilidad, fluidez, densidad del concreto fresco, tiempo de fragua, absorción de agua y resistencia a la compresión Axial.

Al término de los ensayos los resultados fueron los siguientes: el peso Volumétrico del concreto con agregado reciclado fue 8% más bajo que la muestra patrón. El tiempo de fragua y la exudación resultaron ser mayores que las hechas con la muestra patrón y se notó una menor trabajabilidad. El concreto endurecido del agregado reciclado, tuvo una resistencia a la compresión menor en 15% con respecto a la muestra hecha con agregado natural para la edad de 28 días después de haber realizado la mezcla. Con respecto a la resistencia a tracción por compresión diametral tuvo un resistencia 14% más bajos que la muestra patrón. Así como 70% mayor en absorción de agua.

Diagnóstico de la Investigación: De la anterior investigación se determina que el concreto reciclado resultó defectuoso, ya que el reemplazo del agregado grueso reciclado fue al 100%, lo cual no le da viabilidad a la tesis.

### **Anicama, G.A. (Lima-2010)**

Actualmente, en la minería moderna hay un problema constante que es la correcta disposición y almacenaje de los derivados del proceso de los minerales y tiene como principal protagonista a los comúnmente llamados “relaves mineros”.

Otro contexto diferente es el de las escorias, este subproducto se usa para la purificación de los metales y es muy utilizado actualmente en la industria metalúrgica. En cambio, los relaves mineros han sido poco estudiados e investigados y actualmente se desconoce cómo pueden ser utilizados para un nuevo beneficio.

La influencia económica y social del manejo de tales materiales es muy importante, ya que urge encontrar una forma de reciclar o reutilizar este material sin perjudicar nuestro medio ambiente y reduciendo a menores costos, por eso es que este tema es de gran interés para las empresas constructoras.

### **Anquise, S.E. (2015 - Tacna)**

En esta tesis se estudió la “Viabilidad del concreto reciclado para la edificación de viviendas en la ciudad de Tacna” que habla sobre el análisis del concreto reciclado. En Tacna se encontró aproximadamente 120,202.00 metros cúbicos de restos de construcción distribuidos en 67 sectores de la ciudad. De estos el 24% son escombros de concreto. Conforme a los últimos estudios la piedra reciclada recuperada corresponde al 70% del total de la muestra. En el proceso de elaboración de concreto reciclado se usaron 16 tipos diseños de mezcla, cada uno con diferentes porcentaje de reemplazo de 0%, 20%, 50% y 100%, para obtener resistencias a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup> con la adición de algunos aditivos.

Los resultados finales nos dieron un saldo favorable en cuanto a las propiedades mecánicas del concreto reciclado, ya que sus propiedades son bastantes similares a las del concreto convencional y pueden actuar perfectamente como reemplazo; sin embargo, en la parte económica el concreto reciclado resultó ser más caro que el concreto convencional, ya que costo del agregado reciclado es 20 soles más caro por m<sup>3</sup> que el agregado natural, elevando, esto el costo de la producción de concreto. Por último, se hizo un modelamiento, diseño y análisis de una vivienda para comparar el concreto reciclado frente al concreto convencional.

### **Sumari, J.C. (Lima - 2016)**

Actualmente la reutilización de los residuos de construcción beneficia doblemente a la sociedad, ya que podemos bajar la explotación de los agregados naturales y evita la contaminación que generan dichos sólidos. La presente investigación habla sobre el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto agregado reciclado, ya sea agregado fino o agregado grueso, que es extraído manualmente de distintas obras en todo Lima. Asimismo, también se relata el estudio de las propiedades del concreto en fresco y endurecido hecho con agregado reciclado.

Con el fin de hacer una estimación de las propiedades del concreto con agregado fino y grueso reciclado, se compara con las propiedades del concreto con agregado natural. En este caso, se delinearon tres diseños de mezcla de concreto convencional con la relación agua - material cementante 0.45, 0.5 y 0.55; dando 445 kg, 508 kg, 604kg de cemento por cada cubo de concreto respectivamente. Cabe resaltar que el tipo de cemento usado es SOL TIPO I y son Slump 3" y 4", con estas mismas cantidades de concreto el mismo tipo de cemento y el mismo Slump se elaboró tres diseños con solo agregado fino y grueso reciclado. Los resultados que se obtuvo en los ensayos a los agregados finos y gruesos son: aumento de la absorción en 639% y 867% respectivamente, también se encontró que el peso específico del agregado fino disminuyó en 19.5% y del agregado grueso disminuyó en 10.9%.

En lo que respecta al concreto reciclado en comparación al concreto patrón se notó una disminución en la resistencia a compresión de 2.7% en el de proporción A/C 0.45, 7.3% en el de proporción A/C 0.5 y 9.7% en el de en el de proporción A/C 0.55; sin embargo, se vio un aumento de la absorción de 5% en el de proporción A/C 0.45, 19% en el de proporción A/C 0.5 y 29% en el de en el de proporción A/C 0.55; todos estos ensayos se realizaron a los 28 días de haber elaborado el concreto. Por último, se determinó la disminución del peso Volumétrico del concreto en estado fresco en 5.2% en el de proporción A/C 0.45, 5.2% en el de proporción A/C 0.5 y 4.8% en el de en el de proporción A/C 0.55.

### **Rengifo, M.D. (Tarapoto - 2017)**

En el siguiente estudio se muestra los resultados de dos diseños, el primero con agregado fino reciclado y agregado grueso reciclado, y el segundo diseño con agregado fino reciclado y agregado grueso de cantera. El objetivo de esta tesis es comprobar la influencia de la calidad del concreto con agregado reciclado, en la elaboración de un nuevo diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Este proyecto tiene como fin ser utilizado en la pavimentación rígida de la avenida Jr. Sargento Lores de la cuadra 2, 3 y 4. En este proyecto se usó agregado de la provincia de la ciudad de Tarapoto. En el estudio se trabajó con agregado de concreto reciclado, extraído del Jr. Sargento Lores. Con las anteriores características determinadas se elaboró un diseño de mezcla para poder ser usada en el diseño de un nuevo pavimento rígido. En lo que respecta a resultados, la resistencia a compresión del concreto con agregado fino reciclado y grueso reciclado, obtuvo una resistencia 58.2% menor, mientras el otro diseño con agregado fino reciclado y agregado grueso de cantera obtuvo una resistencia muy alentadora, resultando 36.4% mayor al concreto patrón.

### **2.1.2 Antecedentes Internacional**

#### **Bojaca, R.N. (Bogotá-2013)**

El reciclaje de concreto es un tema que se encuentra en una etapa inicial aun en Colombia, es por eso que la siguiente tesis buscar dar a las empresas dedicadas al rubro de la construcción elementos y razones para que estas las puedan usar en sus respectivas obras y determinar la viabilidad del agregado reciclado como opción o alternativa de uso.

En conclusión, a los ensayos realizados en la siguiente tesis se determinó que el concreto con agregado reciclado posee más absorción, menos coeficiente de forma, menos densidad (aparente y nominal) y menos resistencia al desgaste. En este estudio se reemplazó 20% y 40% de agregado grueso reciclado, llegando a las siguientes conclusiones: Reemplazando el 40% con agregado reciclado no nos da menos propiedades mecánicas del concreto, porque en la resistencia a la

compresión fue igual a la del concreto patrón, pero con 20% fue sutilmente superior. Con respecto a los resultados del módulo elástico podemos determinar que no hay disminución de este. Con respecto a la flexión se pudo concluir que reemplazando 40% de agregado reciclado disminuyó un 10% su módulo de rotura, pero reemplazando 20% se obtuvo un módulo de rotura parecido.

En cuanto a ensayos de durabilidad se estableció que en ninguno de los dos casos se produjo deterioro del concreto, es más mejoraron un poco. Luego en el ensayo de permeabilidad de cloruros a 28 días, obtuvimos que fue igual, pero a los 56 días el concreto con reemplazo de 40% fue menor en 18%. Con respecto a la carbonatación, se produjo una resistencia con el agregado reciclado mayor a la del agregado natural. Por último en los ensayos ISAT fueron absolutamente iguales a las del concreto patrón.

En conclusión, con los resultados dados anteriormente se puede determinar que el concreto reciclado se puede sugerir para elementos estructurales debido a sus buenas características mecánicas obtenidas en los ensayos. Por último, se concluye que el uso del concreto reciclado es una muy buena alternativa de uso en Colombia, ya que ayuda en la batalla contra la contaminación ambiental y se cree también que con el uso de este concreto se reduciría en costos las obras, pues su fuente de extracción son los residuos sólidos encontrados. Y se recomienda la construcción de elementos estructurales y no estructurales con concretos reciclados para así monitorear su comportamiento con el paso del tiempo.

### **Agreda Sotelo – Moncada Moreno (Bogotá 2015)**

En la presente investigación se elaboraron tres diseños de mezcla en donde se reemplazó de 25%, 50%, 70% de agregado grueso reciclado obteniendo resultados muy alentadores, ya que en la resistencia a la compresión los resultados fueron similares o superiores a los de la muestra patrón. Sin embargo, la muestra de 70% de reemplazo fue la que mejores resultados obtuvo ya que en los periodos de curado (7, 14 y 21 días) siempre se mantuvo en un rango favorable, llegando a tener hasta 8% mejores resultados que la muestra patrón que era de 280 kg/m<sup>3</sup>. Después cuando se realizó ensayos a flexión se obtuvo que el concreto con 70% de

piedra reciclada tuvo los mejores resultados; pero también, cuando se realizó en ensayos de trabajabilidad este presentó mayor asentamiento, lo que lo convierte en un concreto más seco.

Por todos los resultados expuestos anteriormente llegamos a la conclusión que la muestra con 70% es óptima para la elaboración de nuevo concreto. Así también cuando probamos una mezcla con 25% de agregado reciclado este obtuvo valores muy por debajo que el concreto convencional y también con menor trabajabilidad por lo que se recomienda aumentar el agua o usar aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad.

Por último, se recomienda usar este tipo de concreto en cunetas, sardineles, tope llantas, bordillo, pues para todas estas el concreto reciclado cumplió sus normas de comprensión y flexión.

#### **Bedoya, C.M. (Medellín - 2003)**

En la presente investigación se habla que desde el punto de vista económico, es viable la recolección de escombros y también la producción de agregado grueso reciclado para la elaboración de nuevo concreto. Se sabe que si la municipalidad decidiera reciclar el 15% de escombros anuales el AMVA se ahorraría 9800 millones de pesos al año y con ese ahorro se podría reutilizar para la edificación de plantas de reciclaje de alto volumen, así como también programas de concientización ambiental para la población y las empresas, con el objetivo de incentivar el reciclaje. En el análisis técnico y económico observamos que los resultados son muy favorables, ya que sus características físicas y mecánicas arrojan que son buenas. En un primer momento, se podría utilizar para elementos no estructurales y luego de un profundo estudio de estabilidad química y física comenzar a utilizarlos en elementos estructurales. Aparte, teniendo en cuenta que el costo del concreto reciclado es 7% menos que el concreto convencional, nos da indicios que industrializando el concreto reciclado y aumentando el volumen de producción nos daría aún mejores resultados económicos en grandes proyectos del rubro de la construcción.

## **2.2 Bases teóricas**

En la presente tesis daremos unos conceptos básicos y definición de términos para la elaboración de un concreto convencional, para así poder conocer todos los ensayos, instrumentos y materiales usados en la tesis.

### **2.2.1 Agregados**

Los agregados vienen a ser un grupo de partículas que fueron triturados de forma natural o artificial y que van a llegar a ser una parte muy importante del concreto, ya que ocupan desde el 60% hasta el 75% de la composición física del concreto y tienen una determinada influencia cuando el concreto está en estado fresco, así como en estado endurecido. Los agregados deben cumplir requisitos que están en las normas ASTM C-33 y la NTP 400.037. Estos se componen en dos clases: agregados finos y agregados gruesos.

**Agregado Fino:** El agregado fino es arena natural procedente de canteras aluviales o también puede ser producida artificialmente. Las formas de los fragmentos generalmente son esféricas o cúbicas. Recordemos que la arena la extraemos de la demolición de rocas duras, rocas limpias, compactadas durables. Recordar, que en los agregados finos no pueden haber fragmentos planos, laminares o alargados. El agregado fino no puede contener materiales como álcalis, arcilla, mica, limo, mica, materiales orgánicos y otros productos perjudiciales, ya que estos resultan dañinos para el concreto. Consideramos agregado fino al agregado que pasa por el tamiz N° 3/8" de diámetro 9.4 mm y se rige bajo los límites establecidos en NTP 400.037 ó ASTM C 33.

El agregado fino que se usó para la elaboración de esta tesis fue proporcionado por la empresa Mixercon, que fue extraído de la cantera Miranda.

**Agregado Grueso:** Es un elemento de mucha importancia dentro de la composición del concreto, por tal razón la calidad del agregado tiene gran influencia en los buenos resultados a la hora de fabricar el concreto.

Diversos estudios demuestran que cuando el concreto tiene que tener un alto contenido de cemento, una baja relación de agua – material cementante y un tamaño máximo de piedra bajo (12,7mm y 9,5mm) obtiene una alta resistencia a compresión. Las fuerzas de vínculo entre en agregado grueso y el concreto también depende de la forma de la piedra y la textura del agregado grueso y de la reacción que tenga el cemento con los agregados. En principio se cree que la resistencia a la compresión aumenta a raíz que se minimiza lo máximo posible el tamaño máximo nominal de la piedra, esto se produce a causa que se reduce los esfuerzos de adherencia del agregado por un aumento de la superficie específica. El agregado grueso usado en esta tesis fue proporcionado por la empresa Mixercon. En la presente investigación se trabajará con piedra de H57, que fue extraída de la cantera Agrexa.

**Agregados Reciclados:** Son agregados gruesos y finos procedentes de un concreto reciclado, que pueden llegar a ser reutilizados para pavimentos ya sea bases y subbases, rellenos y la elaboración de un nuevo concreto. Estos agregados cuentan con distintas normativas internacionales y son clasificadas según su calidad. Los agregados reciclados tienen un mínimo porcentaje de otros materiales contaminantes.

### **2.2.1.1 Requisitos de los Agregados**

Según la norma NTP 400.037 los agregados deben cumplir con algunos requisitos.

Los requisitos de los agregados son Granulometría, sustancias dañinas como partículas deleznable, material fino que pase la malla N° 200, abrasión, valor de impacto del agregado.

### **2.2.1.2 Granulometría**

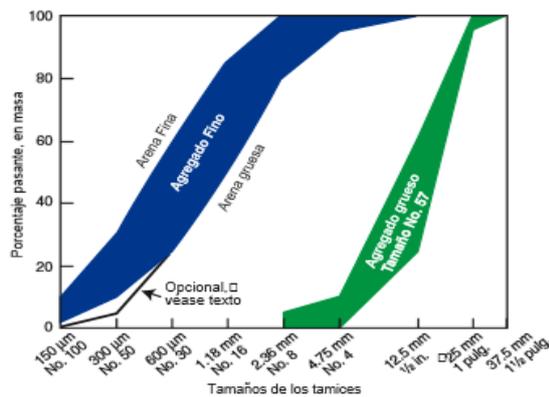
La granulometría se rige bajo la NTP 400.012. Esta norma técnica proporciona los procedimientos para poder distribuir tanto los agregados finos, agregados gruesos y global en diferentes tamices según el

tamaño del agregado. También, conocer los tamaños de los diferentes materiales y poder determinar si son los adecuados para lo que se va a usar.

El método consiste en colocar una serie de mallas de mayor a menor y colocar dentro una muestra seca dentro y agitar los tamices manualmente o mecánicamente para que así la muestra valla pasando malla tras malla.

El agregado grueso es la desintegración de las rocas y aquel que cuando pasa por las mallas queda detenido en la malla N°4.

El agregado fino es la arena, la cual por el contrario al pasar por las mallas, se queda detenido en el tamiz N°200.



**Figura 01.** Curvas con Límites especificados para agregados  
**Fuente:** Steven, Beatrix & William, Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

- La granulometría del agregado fino se basa en la NTP 400.037

**Tabla 01:** Límites granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5mm(3/8 pulg)	100
4.75mm(No.4)	95 a 100
2.36mm(No.8)	80 a 100
1.18mm(No.16)	50 a 85
600μm(No.30)	25 a 60
300μm(No.50)	05 a 30

150µm(No.100)	0 a 10
---------------	--------

Fuente: ASTM C-33

- Módulo de finura del agregado fino

El módulo de finura del agregado fino es un índice de finura de la arena que es directamente proporcional al grosor del agregado; mejor dicho, mientras más elevado sea el módulo de finura, mayor será el grosor del agregado fino. Para hallar el módulo de finura, primero se hace un análisis granulométrico y luego se obtiene con la siguiente fórmula.

$$Mf = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Fuente: NTP 400.012

- La Granulometría de agregado grueso se basa en la NTP.037

**Tabla 02:** Límites granulométricos del agregado grueso H57

Tamiz	Porcentaje que pasa
37.5mm(1 1/2 pulg)	100
25.0mm (1 pulg.)	95 a 100
19.0mm (3/4 pulg.)	--
12.5mm (1/2 pulg.)	25 a 60
9.5mm (3/8 pulg.)	--
4.75mm (No.4)	0 a 10
2.36mm (No.8)	0 a 5
1.18mm (No.16)	--

Fuente: NTP 400.037.

- Módulo de finura del agregado grueso

El módulo de finura del agregado grueso es un índice de finura de la piedra triturada. El módulo de finura es directamente proporcional al grosor del agregado grueso; en otras palabras, si

el módulo de finura es más elevado, el grosor de la piedra triturada también será mayor. Para poder hallar el módulo de finura del agregado grueso, primero se tiene que realizar un análisis granulométrico y luego se obtiene el módulo de finura con la siguiente fórmula.

$$M_f = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado} (1 \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{3}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Fuente: NTP 400.012

### 2.2.1.3 Absorción de los agregados

La absorción de los agregados fino y grueso se define como la masa ganada por el agregado a causa del agua retenida en los poros. La absorción se mide generalmente después de haber saturado nuestro agregado por 24 horas, terminada la saturación se procede a secar el agregado superficialmente. La absorción es muy importante para el diseño de mezcla del concreto, ya que si el agregado tiene una absorción alta, se tendría que agregar mayor cantidad de agua a nuestra mezcla, debido a que nuestro agregado absorberá el agua de nuestra dosificación.

La fórmula para hallar la absorción de los agregados es la siguiente:

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{Masa sss} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca}} \times 100$$

Fuente: Constructor Civil

- **Peso específico de masa:** es la relación del peso de la muestra seca al aire libre, dividido entre la resta del peso de la muestra saturada superficialmente seca, menos el peso en el agua de la muestra.

$$P_{em} = \frac{W}{(W_{SSS} - W_{Sat})}$$

Fuente: NPT 400.022

- **Peso específico Aparente:** es la relación del peso de la muestra seca al aire libre, dividido entre la resta del peso de la muestra seca al aire libre, menos el peso en el agua de la muestra.

$$Pea = \frac{W}{W - W_{Sat}}$$

Fuente: NPT 400.022

- **Peso específico superficialmente seco**

Es la relación a una temperatura determinada de la masa de un volumen unitario, lleno de agua en los poros, pero seco por fuera; dividido entre la resta del peso de la muestra saturada superficialmente seca, menos el peso en el agua de la muestra.

$$P_{SSS} = \frac{W_{SSS}}{W_{SSS} - W_{sat}}$$

Fuente: NPT 400.022

$W$  = Peso de la muestra seca al aire libre

$W_{Sat}$  = Peso de la muestra saturada

$W_{SSS}$  = Peso superficialmente seco

#### 2.2.1.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad es la cantidad de agua que nuestro agregado posee en los poros, este contenido puede variar dependiendo del tamaño de los poros, de la cantidad de poros y de su permeabilidad. Cabe mencionar que los agregados tanto fino como grueso están expuestas a la temperatura del ambiente, mejor dicho está parcialmente secos. El contenido de humedad de los agregados es de mucha importancia ya que define la cantidad de agua que aporta los agregados fino y grueso a la mezcla de concreto. El contenido de humedad se halla:

$$\%h = \frac{W - D}{D} 100$$

Fuente: NPT 339.127

W = peso superficialmente seco

D = peso totalmente seco

%h = contenido de humedad

**Nota:** El porcentaje de absorción y el contenido de humedad resultan muy necesario ya que de acá determina la cantidad de agua que se le tiene que colocar al concreto; pues si la humedad es inferior a la absorción se le tendrá que extraer un poco de agua a la mezcla y por el contrario si la humedad es mayor a la absorción se tendrá que agregar un poco de agua al concreto fresco.

### 2.2.2 Agua

El agua de mezclado es aquella que influye directamente para que el cemento haga hidratación, así como también permite definir la consistencia del concreto y poder jugar con su trabajabilidad, dependiendo de la relación agua/cemento (a/c) utilizada en la mezcla. Por otro lado, define la buena compactación del concreto. Como esta agua va a estar en contacto con el concreto, tiene que ser potable sin cualquier tipo de contaminantes y con ciertas restricciones, como la adicción de minerales o el uso de aguas ácidas, calcáreas o provenientes de minas o relaves mineros.

Tampoco está permitido el agua que contengan sulfatos, algas o materia orgánica ni las que contengan descarga de desagües, azúcares o altas dosis de sales de sodio o de potasio disueltas, que puedan ser perjudiciales para el proceso del fraguado o la resistencia del concreto. Puede usarse agua natural no potable solo si están absolutamente limpias y no contienen cantidades de aceite, sales, alcalisis y materia orgánica u otros elementos dañinos para el concreto. Por último el agua que tiene gran concentración de sales debe ser evitada ya que pueden verse afectado el tiempo fraguado, la resistencia y estabilidad del concreto; además, puede causar eflorescencias o corrosión del acero en el concreto armado. El siguiente cuadro muestra los requisitos que debe cumplir el agua según la NTP 339.088

**Tabla 03:** Límites químicos para el agua

Descripción	Limite permisible
<b>Cloruros:</b> <b>1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados a otra materia</b>	500 ppm
<b>2. Otros concreto reforzados en ambientes húmedos o que con contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes</b>	1000 ppm
<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub>)</b>	3000 ppm
<b>Álcalis (Na<sub>2</sub>O, 0.658 K<sub>2</sub>O)</b>	600 ppm
<b>Sólidos totales</b>	50000 ppm
<b>pH</b>	5 a 8

Fuente: NPT.339.088

### 2.2.3 Cemento Portland

#### 2.2.3.1 Concepto de cemento

El cemento tiene varias definiciones, algunos lo precisan como un polvo muy fino que tiene la capacidad de ponerse en contacto con el agua y forma un pegamento muy fuerte que mantiene unidos a los agregados. El cemento parte de la trituración, desintegración, molienda, calcinación y sinterización de las mezclas de arcilla y caliza que produce un material llamado Clinker, que está compuesto con silicatos y aluminatos de calcio y al momento de ser molidos nos da el yeso.

El cemento Portland es tipo de cemento hidráulico, proveniente de la máxima desintegración del Clinker, además de otros elementos como silicatos de calcio hidráulicos y sulfatos del calcio que son agregados mientras está siendo molido el Clinker. Al cemento Portland se le puede definir como un polvo fino, de color gris, aglutinante capaz de endurecer al primer contacto con el agua debido a que es un cemento hidráulico, no sin antes haberse convertido en una pasta homogénea, capaz

de adecuarse a diversas formas según como uno lo moldeé. El cemento si es dosificado correctamente con el agua y los agregados produce el concreto que tiene la propiedad de fraguar y tener una trabajabilidad correcta, logrando generar una resistencia adecuada y estabilidad correcta a largo plazo.

Según la norma ASTM C-150 se clasifica el cemento Portland en cinco tipos diferentes, de acuerdo a los usos y a los distintos tipos de propiedades que cada uno de estos tiene: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V. En la presente tesis se trabajará con el Cemento Tipo I, el cemento Nacional.

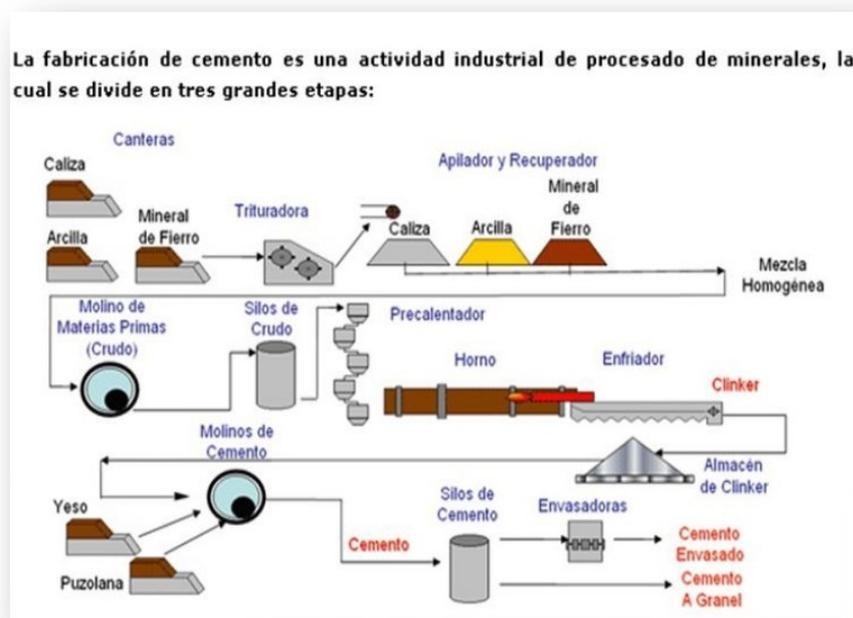
### 2.2.3.2 Cemento portland Tipo I

El cemento Portland Tipo I es el más usado y es de uso general, puede ser aplicado para losas, columnas, cimientos, puentes, tanques, tuberías, etc. Y uso es habitual siempre y cuando no se necesite las propiedades y usos especiales que tienen los otros tipos de cemento poseen.

### 2.2.3.3 Fabricación de Cemento

La producción del cemento se divide en tres etapas

- Extracción, molienda y trituración de materias primas
- Clinkerización
- Molienda y combinación del Clinker con otras adicciones



## **Figura 02:** Proceso de fabricación del cemento

Fuente: Javier Olivo Mendoza (APIC)

### **2.2.3.4 Características físicas y mecánicas del cemento**

#### **a) Densidad**

La densidad del cemento la definimos como la masa del cemento por unidad de volumen de cemento, apartando el aire de las partículas.

La diferencia entre densidad y peso volumétrico consiste en que el este se define como la masa del cemento por unidad de volumen, pero incluido la separación de las partículas; en cambio la densidad, no incluye la separación de las partículas

La unidad puede ser  $\text{gr/cm}^3$  o  $\text{kg/m}^3$ .

#### **b) Tamaño y distribución de las partículas de cemento**

El tamaño de la partícula de cemento influye directamente con la hidratación del cemento y con las partículas de cemento. Mientras más fino sea, la hidratación será mucho más rápido, ya que el agua no tomará mucho tiempo en llegar al núcleo de las partículas y podrá comenzar la hidratación muy rápido. A veces es tan elevado el espesor de la partícula, que el agua tarda mucho o nunca llega a ser hidratación.

Se Menciona que la finura influye en la resistencia, ya que a mayor finura mayor rapidez en la hidratación y por lo tanto más rápido aumentará su resistencia inicial (7 días)

Por último, se menciona que mientras mas fino es un cemento, mayor es la probabilidad de fisura y por lo tanto se ve afectado la durabilidad, y también se dice que el deterioro a largo plazo es mayor.

#### **c) Calor de hidratación**

El calor de hidratación se produce debido al contacto del agua con el cemento, este contacto genera nuevas fases solidas denominadas

hidratos. En este proceso se producen varios constituyentes como C3S, C2S, C3A y C4AF.

**Tabla 04:** Relación entre los constituyentes del Clinker y propiedades del cemento

Constituyente	Velocidad de Hidratación	Calor de hidratación	Desarrollo de resistencias	Resistencia química
C3S	Alta	alto 120cal/g	rápido y prolongado	baja
C2S	Baja	bajo 62 cal/g	lento y muy prolongado	intermedia
C3A	Alta	muy alto 207cal/g	muy rápido y de corta duración	muy baja
C4AF	media	moderado 100cal/g	lento y prolongado	grande

Fuente: Química del Cemento (2007)

El calor de hidratación influye en la resistencia del concreto a diferentes edades, por ejemplo a los tres días los compuestos que resaltan son en C3S y el C3A, luego a los siete días se debe a la evolución de C3S; luego la evolución a los veintiocho días se debe al C3S y por último la evolución de la resistencia a edad de veintinueve días a más tiene que ver únicamente y exclusivamente al C2S.

#### d) Tiempo de fragua

El fraguado del cemento es una transformación de la pasta de cemento de un estado plástico a un estado más rígido, más no el estado endurecido del cemento que es el que adquiere propiedades mecánicas.

El fraguado consta de dos etapas, la primera es el fraguado inicial que comienza desde que se vacía el agua a la mezcla y el concreto adquiere viscosidad y eleva su temperatura y la otra etapa es la del fraguado final en la que el concreto pierde la plasticidad y a vez eleva su temperatura al máximo. El fraguado tiene relación con la finura del cemento, ya que a mayor finura de cemento más rápido se produce la hidratación y por consiguiente el fraguado será menor.

#### **e) Estabilidad del volumen y su influencia en la resistencia**

En el ASTM C-151 se realiza un ensayo para determinar la expansión que experimenta el cemento Portland, así como el mortero y el concreto cuando se ha sometido un tiempo a condiciones de humedad. Se sabe que compuesto como el óxido de magnesio, la cal libre, el yeso o el sulfato de calcio producen deformaciones al momento del fraguado del cemento, los cuales pueden traer como consecuencias la fisura y desintegración del concreto.

Para determinar la deformación se realiza ensayos de autoclave NTP 334.004 que mide la deformación en probetas prismáticas de 2.54 x 2.54 x 2.54, que sometidas a hidratación a temperaturas y presión alta, y los resultados logrados son llamados Expansión de autoclave.

Los cementos que sufren deformación los denominamos como cementos con “variación de volumen”.

#### **f) Resistencia a la compresión de los tipos de cemento**

La resistencia es la propiedad fundamental del cemento, es por eso es redirigida al mortero y al concreto. Es sabido que el C3S y el C2S (componentes del cemento), cumplen un rol fundamental en la resistencia del cemento, siendo el C3S el que le da resistencia a corta edad (menos de 28 días), y el C2S le da resistencia a largo plazo, a una edad de 28 días a más.

El ensayo para determinar la resistencia del cemento es la NTP 334.009 se realiza en cubos de mortero, compuesto por la relación de 2.75 arena y 1 de cemento. El cubo es de 50 mm de lado y se le añade agua para que nuestro mortero tenga fluidez de 110 % con una transición de 25 golpes. La NPT 334.009 refiere que la resistencia se debe realizar a edades de 3 y 7 días y el mínimo valor debe variar entre 12 y 19 MPa respectivamente.

**Tabla 05.** Requisitos físicos del cemento Portland tipo I

Requisitos	Metodo de ensayo NTP	Cemento Portland tipo I
Contenido de aire del mortero volumen%:	334.048	
Min		-
Max		12
Finura,Superficie específica(m <sup>2</sup> 7kg) Ensayo de permeabilidad de aire	334.002	
Min		260
Max		-
Expansión en autoclave	334.004	
Max %		0.8
Resistencia a la comprensión no menor a los valores indicados(Mpa)	334.051	
1 día		-
3 días		12
7 días		19
28 días		-
Tiempo de Fraguado Ensayo de Vicat, minutos	334.006	
Ensayo de fraguado no menor que:		45
Ensayo de fraguado no mayor que:		375

Fuente: NTP 334.009 (2005)

#### 2.2.4 Proporcionamiento y Diseño de Mezcla

El Diseño de mezcla es un proceso en donde se elabora un concreto con algunas características requeridas. Las características pueden ser en concreto en estado fresco, en estado endurecido o la inclusión y exclusión de ingredientes específicos. El concreto en perfectas condiciones debe tener trabajabilidad en concreto fresco, durabilidad y resistencia en concreto endurecido y economía. Estas cualidades solo se obtendrán con la adicción de los materiales adecuados y con las dosis exactas.

Antes de realizar el diseño de mezcla, se tiene que determinar para que tipo de estructura se realizará el concreto, las condiciones de exposición, así como la forma, tamaño del elemento en los que irá a formar para el concreto. Los pasos para el diseño de mezcla son los siguientes:

### 2.2.4.1 Primer paso: Elección del Asentamiento

La trabajabilidad es la facilidad que se tiene por poder trabajar con un concreto y amoldarlo a las distintas formas que más convenga. Cuando a una mezcla se le adiciona más agregado o se le proporciona menos agua, se pone más rígida y por lo tanto es menos trabajable. En el ensayo de consistencia se usa para determinar la trabajabilidad del concreto. El asentamiento elegido, varía dependiendo del tipo de estructura en donde se vacía el concreto. A continuación se muestra una tabla en donde se usa un parámetro de asentamiento de acuerdo a la estructura.

**Tabla 06.** Asentamientos Recomendados

Tipo de Construcción	Asentamiento(cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y Losas	7.5	2.5
Concreto Masivo	7.5	2.5
Otros	17	2.5

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

### 2.2.4.2 Segundo paso: Relación agua – cemento

La relación de agua – cemento no es más que otra cosa que la relación entre la masa del agua y la masa del cemento. La relación a/c debe ser la mínima posible, porque es el factor que más influencia tiene en la resistencia a la compresión. Otro aspecto que tiene relación directa con la relación a/c es la trabajabilidad, ya que acá se determinará la cantidad de agua y de cemento que se utilizará para un metro cúbico de concreto. A continuación, en las siguientes tablas se determinará la máxima relación de agua - cemento para distintos tipos de exposición.

**Tabla 07:** Relación agua-material cementante máxima y resistencia de diseño mínima para varias condiciones de exposición

Condición de exposición	Relación agua-material cementante máxima por masa de concreto	Resistencia a compresión de diseño mínima $f'_c$ Kg/cm <sup>2</sup> (Mpa)[lb/pulg <sup>2</sup> ]
Concreto protegido de la exposición a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o de sustancias agresivas	Elija la relación agua-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado	Elija la resistencias basándose en los requisitos estructurales
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad como expuesto al agua	0.5	280(28)[4000]
Concreto expuesto a congelación-deshielo en la condición húmeda y a descongelantes	0.45	320(31)[4500]
Para protección contra la corrosión del refuerzo (armadura) del concreto expuesto a cloruro de las sales descongelantes, agua salobra, agua del mar o rociado de estas fuentes	0.4	350(35)[5000]

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

En la siguiente tabla se visualiza la relación de agua – cemento que se necesita para los distintos valores de resistencia a compresión a la edad de 28 días. Si el valor de resistencia no está especificado en la tabla, se puede interpolar para hallar la relación de a/c.

**Tabla 08:** Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a compresión a los 28 días kg/cm <sup>2</sup> (MPA)	Relación agua-material cementante en masa
---	---

	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
<b>450(45)</b>	0.38(0.38)	0.31(0.30)
<b>400(40)</b>	0.43(0.42)	0.34(0.34)
<b>350(35)</b>	0.48(0.47)	0.40(0.39)
<b>300(30)</b>	0.55(0.54)	0.46(0.45)
<b>250(25)</b>	0.62(0.61)	0.53(0.52)
<b>200(20)</b>	0.70(0.69)	0.61(0.60)
<b>150(15)</b>	0.80(0.79)	0.72(0.70)

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

### 2.2.4.3 Tercer paso: Contenido de Aire y Contenido de Agua

El aire incluido se debe emplear principalmente para exposiciones de congelamiento y deshielo y en caso donde no haya exposición muy alta se puede usar para mejorar la durabilidad. El concreto se puede encontrar expuesto a tres tipos de exposiciones:

#### **Exposición blanda**

Es cuando el concreto es usado en interiores y exteriores de una edificación, así como en un clima en donde no habrá congelamientos, acá se observará beneficios como trabajabilidad, cohesión, y un aumento en la resistencia de diseños con bajo contenido de cemento.

#### **Exposición Moderada**

Es cuando el clima está sujeto de congelamiento; sin embargo el concreto no está expuesto a humedad o al agua libre que pueda producir su descongelamiento. Como ejemplo tenemos a elementos como vigas, muros, columnas o losas que no tienen contacto con la humedad y que no reciban exposición a deshielo.

#### **Exposición Severa**

Es cuando el concreto está expuesto a descongelamientos u otro producto químico agresivo. También, se considera cuando el concreto pueda

ser saturado por condiciones de congelamiento: como ejemplo tenemos a los pavimentos, puentes, cunetas, aceras. Cuando la relación a/c se mantiene constante, el aire incluido aumenta el asentamiento del concreto, y cuando el contenido de cemento y la trabajabilidad se mantiene constante, el aire incluido resulta de la disminución de la demanda de agua. Cuando se realiza un ajuste de mezcla debemos tener en cuenta, que por cada punto porcentual de aire que se aumente, se disminuye en 3 kg/cm<sup>3</sup> el contenido de agua y por el contrario por cada punto porcentual que se disminuya se aumenta en 3 kg/cm<sup>3</sup> el contenido de agua.

El contenido de agua depende de varios factores, temperatura, cantidad de cemento, consistencia y de la relación agua – material cementante.

En el ajuste de diseño de mezcla se puede reducir en 10 kg/cm<sup>3</sup> cuando el agregado usado es subangular; en 20 kg/m<sup>3</sup> cuando el agregado es de partículas trituradas y en 25 kg/cm<sup>3</sup> cuando el agregado es de grava redondeada.

El contenido de agua se determinará de la relación entre el asentamiento, tamaño máximo y contenido de aire del concreto.

En la siguiente tabla se relacionará el asentamiento, la exposición del concreto y el tamaño máximo nominal, el contenido de agua y el contenido de aire a usar en un diseño de mezcla.

**Tabla 09:** Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado

Asentamiento (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños e agregado indicados							
	9.5m m	12.5m m	19mm	25m m	37.5m m	50mm	75m m	150mm
<b>Concreto sin aire incluido</b>								
<b>25 a 50</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>75 a 100</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>150 a 175</b>	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido (porcentaje)</b>	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incluido</b>								

<b>25 a 50</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>75 a 100</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>150 a 175</b>	216	205	197	184	174	166	154	-
<b>Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido (porcentaje)</b>								
<b>Exposición Blanda</b>	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
<b>Exposición Moderada</b>	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
<b>Exposición Severa</b>	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1 (2002) y Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

#### **2.2.4.4 Cuarto paso: Contenido de cemento**

El contenido de cemento se obtiene de la relación agua cemento, cabe recordar que en el segundo paso se obtuvo la relación a/c y en el tercer paso se obtuvo el contenido de agua, por lo que nuestro contenido de cemento dependerá de los pasos anteriores. Es importante mencionar que para exposiciones severas (congelamiento y deshielo) el contenido de cemento debe ser 335 kg por metro cúbico de concreto, y para un concreto que está bajo el agua, el contenido mínimo a usar de cemento debe ser 390 kg por metro cúbico de concreto.

#### **2.2.4.5 Quinto Paso: Contenido de Agregado grueso**

El volumen de agregado es una parte esencial en la dosificación de materiales para el concreto. El contenido de agregado tiene una gran influencia en la granulometría, forma, porosidad y tamaño máximo nominal del agregado.

La granulometría es de vital importancia, ya que afecta la economía, pues determina la cantidad de concreto que habrá para una determinada relación de agua – cemento. Siempre debemos tratar que los agregados gruesos tengan el mayor tamaño máximo Nominal posible.

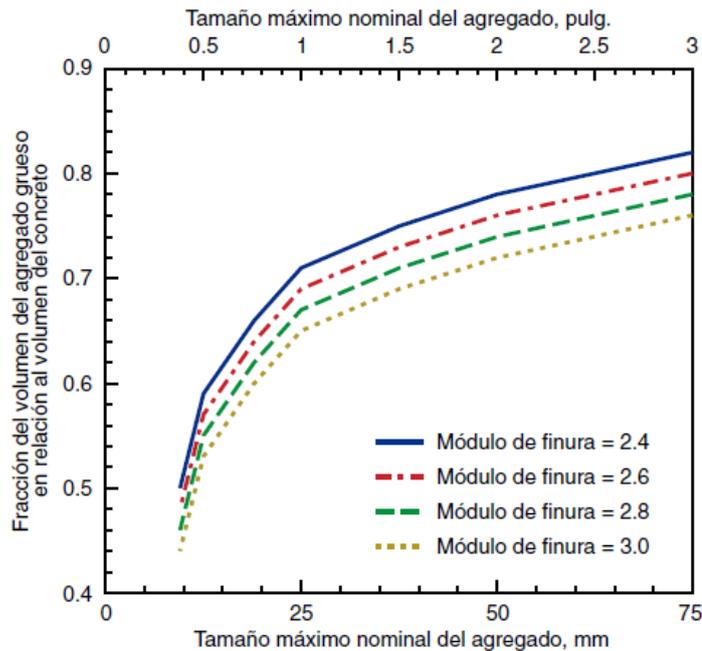
El tamaño máximo no debe exceder  $1/5$  del recubrimiento de la estructura, ni tampoco  $3/4$  del espaciamiento de varillas y mucho menos  $1/3$  del espesor de la losa. Para obtener el volumen unitario por volumen unitario de concreto hacemos uso del Módulo de finura de la Arena y el tamaño máximo nominal de la piedra triturada, haciendo uso de la tabla:

**Tabla 10:** Volumen de Agregado grueso por volumen unitario de Concreto

Tamaño máximo Nominal del agregado mm(pulg)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5(3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5(1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00(3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00(1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5(1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50(2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75(3)	0.85	0.80	0.78	0.76
150(6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

O también se puede hacer uso de la figura:



**Figura 03:** Módulo de Finura  
Fuente: Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

Luego de obtener el volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto, se procedió a multiplicarlo por la densidad seca varillada en el horno, que es descrita en la ASTM C-29 (AASHTO T 19). Adaptado del ACI 211.1.

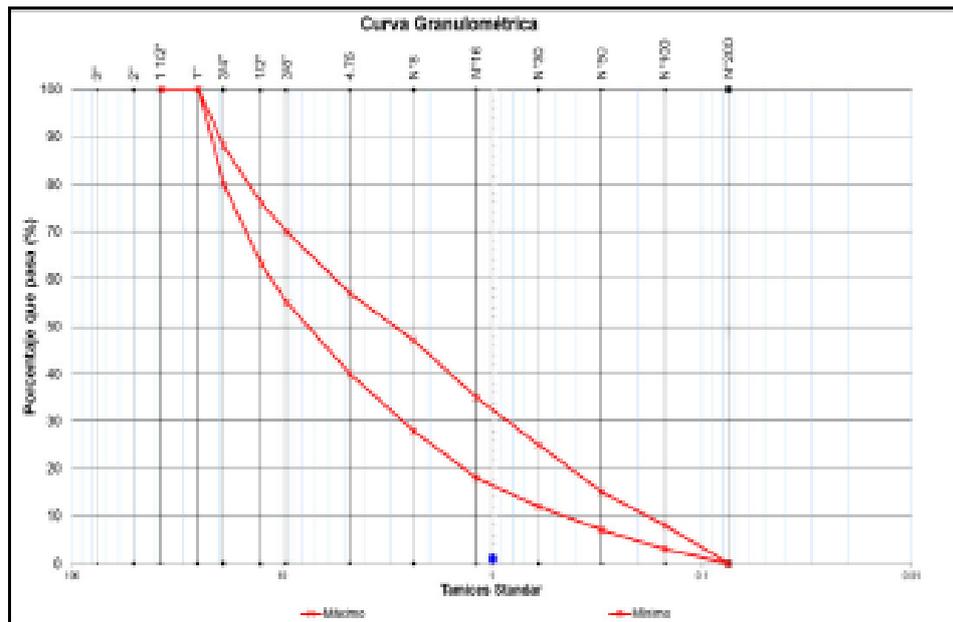
ACI 211.1 (2002): Indica los valores adecuados de volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto, con base en varillado seco. También se pudo tomar como referencia los límites máximos permisibles para concreto con características para ser bombeado de acuerdo al ACI – 304.

ACI – 304 (1999): Indica la combinación de arena y piedra a usar para el bombeo de concreto. Se puede obtener el volumen de agregado grueso con la elección de un porcentaje de incidencia del volumen absoluto total de agregados; incidencias que está dentro de los límites de la curva granulométrica de la combinación de agregados con tamaño máximo nominal 1”.

**Tabla 11:** Parámetros en los tamices estándar

Tamiz	Abertura(mm)	ACI 304 TMN 1"	
		Mínimo	Máximo
3"	75	100	100
2"	50	100	100
1 1/2"	37.5	100	100
1"	25	100	100
3/4"	19	80	88
1/2"	12.5	63	76
3/8"	9.5	55	70
N°4	4.75	40	57
N°8	2.36	28	47
N°16	1.18	18	35
N°30	0.6	12	25
N°50	0.3	7	15
N°100	0.15	3	8
N°200	0.0075	0	0
Fondo	0	0	0
<b>Total</b>		5.57	4.55
<b>M. de Finura</b>			

Fuente: Acevedo W. & Martínez (2017)



**Figura 04:** Límites de la curva granulométrica Según ACI 304  
**Fuente:** Bombeo de concreto ACI 304(1996)

#### 2.2.4.6 Sexto Paso: Contenido de Agregado fino

Para obtener el contenido de agregado fino se debe tener todos los pesos de los demás materiales del concreto como el peso del agua, el peso del agregado, el peso del cemento hasta el porcentaje de aire incluido, exceptuando el peso de los aditivos, ya que por ser un peso muy pequeño, se despreciará, a menos que sea plastificantes, reductores de contracción o inhibidores de corrosión. Es por eso que se pudo emplear los dos procedimientos:

##### a) Método del peso unitario del concreto

El peso requerido de agregado fino se pudo estimar teniendo el peso del concreto fresco y restándole el peso total de los otros materiales adicionados al concreto. En el proporcionamiento de mezclas ACI 211.1 (2002) proporciona un valor aproximado de los pesos del concreto fresco, ya que las proporciones son lo suficientemente precisas para poder realizar un ajuste en mezclas de prueba.

**Tabla 12:** Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamano máximo nominal del agregado,mm	Primera estimación del peso del concreto fresco. Kg/m3		
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido	
9.5(3/8")	2280	2200	
1.25(1/2")	2310	2230	
19(3/4")	2345	2275	
25(1")	2380	2290	
37.5(1 1/2")	2410	2350	
50(2")	2445	2345	
75(3")	2490	2405	
150(6")	2530	2435	

Fuente: Acevedo W. & Martínez (2017)

## b) MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO

El volumen absoluto es un proceso más exacto para hallar el volumen de los materiales usados en el diseño de mezcla. Para obtener el volumen absoluto de cada material se usó la siguiente fórmula. Esta se obtiene usando la densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>) y la densidad relativa, que no es más que otra cosa que la relación entre la densidad del material y la densidad del agua a 4°C

$$Volumen\ absoluto = \frac{Masa\ del\ material\ suelto}{densidad\ relativa\ del\ material\ x\ densidad\ del\ agua}$$

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de concreto (2004)

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

Luego de hallar los volúmenes absolutos de todos los materiales usados en el concreto (a excepción de la arena), se procedió a restar la unidad cúbica de concreto menos los volúmenes del cemento, agregado grueso, agua y contenido de aire obteniendo así el volumen de arena. Por último, el volumen de agregado fino se multiplicó por la densidad relativa del material y por el volumen del agua, obteniéndose el peso del agregado fino-

Peso del Agregado fino = Densidad relativa del Agr. Fino x Densidad del agua

#### **2.2.4.7 Séptimo Paso: Contenido de Aditivo**

El aditivos reductor de agua se usa para reducir la relación de agua – cemento y por consecuencia la cantidad de cemento y la cantidad de agua a usar. El aditivo también se usa para mejorar la trabajabilidad del concreto fresco sin alterar la relación a/c. Los reductores de agua disminuyen en 5% a 10% el contenido cemento y otros aumentan el contenido de aire en ½% a 1%. Los reductores de agua de alto rango disminuyen la cantidad de agua en 12% a 30%. Para obtener el peso de contenido de aditivo, se multiplica los gramos de aditivo por kg de cemento por el peso total del contenido de cemento usado en la mezcla.

#### **2.2.4.8 Octavo Paso: Ajuste por humedad del agregado**

Es importante el ajuste de la dosificación de agregados y de contenido de agua por la humedad libre situada en los agregados. Entonces para el contenido de agua se restó el porcentaje de contenido de humedad menos la absorción y se multiplicó por el peso del agregado grueso y fino, luego al pesó del agua se le restó las dos diferencias, tanto del agregado grueso y fino. Para el ajuste del peso de los agregados grueso y fino, se despreció la absorción y solo se multiplicó los pesos por el porcentaje de humedad.

#### **2.2.4.9 Noveno Paso: Ajuste en las mezclas de prueba**

Proporcionamiento de mezclas ACI 211.1 nos manifiesta sobre el ajuste de las mezclas de prueba, y que las proporciones

calculadas se deben verificar en ensayos de campo. Si el asentamiento no es el adecuado, se debe ajustar la dosificación de agua, con la mínima cantidad como para que cumpla el asentamiento solicitado, independiente del contenido de agua que haya resultado en las mezclas de prueba. Se debe verificar el contenido de agua más la adición del agua libre y también el rendimiento de la mezcla. La cantidad de agua mezclada es la división del contenido de agua adicionado con agua libre y el rendimiento del concreto. Es importante mencionar que el rendimiento se obtiene de la división del peso total de la muestra entre la densidad del concreto. Si no se logra el asentamiento se debe seguir modificando la dosis de contenido de agua hasta obtener el asentamiento requerido.

Para ajustar el contenido de aire se debe recordar que por cada 3kg/m<sup>3</sup> de agua que se aumente se disminuye un punto porcentual de aire y por carga 3kg/m<sup>3</sup> de agua que se disminuya, se debe restar un punto porcentual de aire. Para el asentamiento por cada 2kg/m<sup>3</sup> que se disminuya se reducirá 10 mm de asentamiento. Luego, a la cantidad de contenido de agua que resulte se le restará o sumará estos dos pesos y se obtendrá el contenido de agua final. Con la modificación del contenido de agua también se modifica la dosificación de cemento para mantener la relación a/c.

Por último, se modifica el volumen absoluto de todos los materiales y se obtiene el volumen de agregado fino y así obtenemos la dosificación correcta de materiales.

### **2.2.5 Propiedades físicas y mecánicas del concreto**

El concreto en estado fresco y en estado endurecido está sometido a una serie de ensayos para determinar y calcular la dimensión de las propiedades físicas y mecánicas que el concreto experimenta. Las propiedades físicas y mecánicas van a depender de una serie de factores tales como la granulometría, forma, tamaño de los agregados, así como el tipo de cemento y la relación agua y cemento que hagamos uso para nuestro diseño de mezcla.

### **2.2.5.1 Trabajabilidad**

La trabajabilidad es la facilidad de compactación, consolidación y plasticidad que tiene el concreto para adaptarse a cualquier tipo de elemento. La consistencia es la capacidad del concreto de fluir y la plasticidad es la facilidad de moldearse del concreto. El grado de trabajabilidad se manipula por el tipo de concreto, la consolidación y por los métodos de colocación. Para diferentes elementos estructurales se hace uso de distintos niveles de trabajabilidad, según sea la necesidad de compactación y plasticidad del elemento. La trabajabilidad se ve influenciada por una serie de factores que pueden variar la consistencia del concreto tales como, la duración de transporte, tamaño del agregado, textura del agregado, forma del agregado, cantidad de agua, cantidad de cemento, contenido de aire, temperatura, cantidad de aditivos y tipo de cemento.

La correcta distribución de los agregados y la incorporación de aire ayudan con la segregación y con la trabajabilidad del concreto. La trabajabilidad va de la mano con propiedades como la exudación, bombeabilidad y movilidad, que es un indicativo de buena consistencia. Además, si una mezcla tiene un bajo asentamiento, la consistencia será muy seca o rígida y eso podría traer como consecuencia que los agregados de gran tamaño se separen del concreto; a pesar de eso, no tenemos que pensar que una muestra cuando es más húmeda es mejor, ya que el exceso de humedad también genera segregación y huecos dentro del concreto.

#### **Ensayo de asentamiento**

El ensayo de asentamiento se realizó en el estado fresco del concreto, y es el más utilizado para determinar la consistencia del concreto y por lo tanto la trabajabilidad y plasticidad que tendrá el concreto al momento de compactar, consolidar y moldear a una estructura.

El equipo de prueba será un cono con un aspecto recortado con dimensiones de 300 mm de altura, base de 200mm y diámetro superior de 100 mm y una varilla de 16mm de diámetro y 600mm de longitud.



**Figura 05:** Cono de Abrams  
Elabracion: El autor



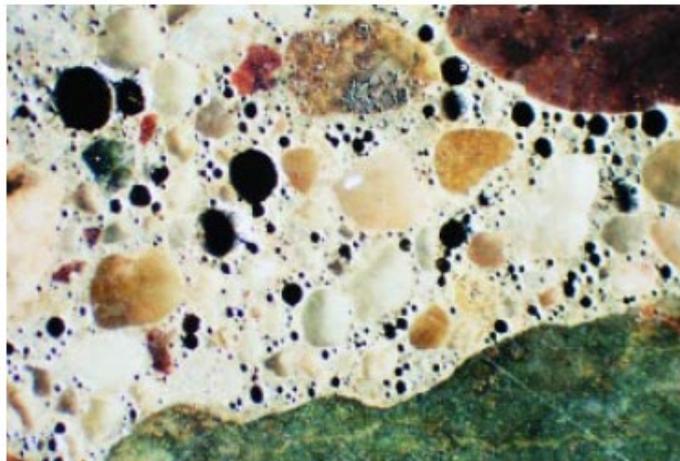
**Figura 06:** Ensayo de asentamiento  
Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

### 2.2.5.2 Contenido de Aire

El contenido de aire del concreto se dio a conocer a partir de los años 30; hoy en día se recomienda para casi todos los concretos la incorporación de aire, por los múltiples efectos que causan en el concreto, en especial cuando se está a exposiciones severas como congelamiento y deshielo. El aire incluido puede ser adicionado por un cemento inclusor o también por un aditivo inclusor de aire. El aditivo inclusor

estabiliza las burbujas de aire e impide que se junten. El aire incluido es muy diferente al aire atrapado producto del mezclado del concreto, ya que el primero es mucho más pequeño que el segundo, llegando a tomar los de mayor dimensión ( $100\mu\text{m}$ ) mientras que las burbujas llegan a tener  $1000\mu\text{m}$  (1mm).

En el congelamiento y deshielo el concreto con aire incorporado cobra mucha importancia porque su resistencia y durabilidad mejora notablemente. Cuando el concreto está expuesto a congelamiento y deshielo sufre una presión “osmótica”, que es la presión del hielo; que desplaza al agua que no se ha congelado, hacia el concreto en un medio húmedo, llegando a provocar fisuras o la ruptura de este. Cuando se le incorpora aire al concreto, estos vacíos de aire sirven como una cámara hueca en la pasta en donde se puede situar el hielo o el agua desplazada y logra aliviar los fenómenos descritos líneas arriba. El contenido de aire también tiene otros efectos sobre el concreto, como la resistencia a los sulfatos, provocación de una menor relación agua – cemento y le da a los concretos pobres una mejor trabajabilidad sin aumentar su contenido de agua.



**Figura 07:** Sección pulida de un concreto con aire incluido como se ve a través de un microscopio

**Fuente:** PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

## Ensayo de contenido de aire

Existen varias formas de determinar el contenido de aire, uno de ellos es el método ASTM C – 231; el ensayo indica los procedimientos para poder determinar el contenido de aire por el método de presión cuando el concreto está en estado fresco. Este método incluirá el volumen de aire incluido y también del aire atrapado por la mezcla. El método relaciona el peso con el volumen y comienza por ejercer una presión sobre un volumen de concreto, comprimiendo el aire que está dentro de este y el equipo a usar es un balde que pesa 3.45 kg y que tiene un volumen de 0.00696 m<sup>3</sup>.



**Figura 08:** Medidor del tipo de presión para la determinación del contenido de aire

**Elaboración:** El autor

### 2.2.5.3 Tiempo de fragua

El tiempo de fraguado tiene relación directa con la consistencia del agregado. El tiempo de fragua se inició cuando el cemento hizo contacto con el agua y se produce la hidratación, convirtiendo la mezcla en un material viscoso y plastificante. Luego de esto, se hidrataron todos los componentes químicos del cemento y el concreto fue perdiendo plasticidad y a medida que pase el tiempo se irá poniendo en un estado más rígido y seco. Posteriormente a esto, se produce el endurecimiento de la mezcla y es

en ese momento que se entró a la etapa de fraguado final. Se aproxima que el inicio del fraguado esta entre las 2 y 6 horas de realizada la mezcla mientras el final de fraguado ocurre entre las 4 y 12 horas de iniciado el fraguado. La temperatura, la relación agua – cemento y la adicción de aditivos son factores que afectan directamente el tiempo de fraguado.

### **Ensayo de tiempo de Fragua**

La Norma NTP 339.082 – ASTM C 403, describe el ensayo para poder obtener el tiempo de fragua con relación a la penetración de unas agujas al mortero. Estas agujas se penetran en un intervalo aproximado de 30 minutos

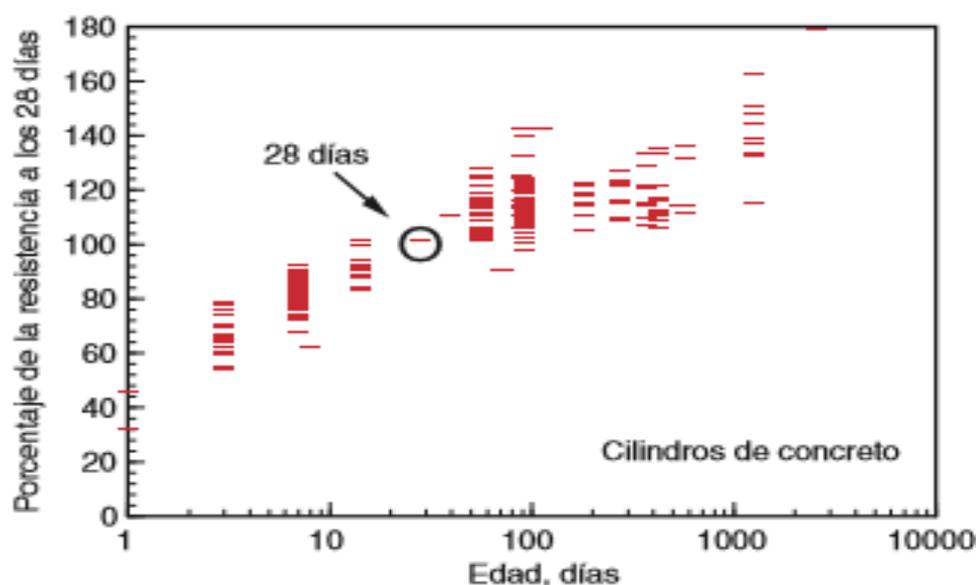
La fragua inicial y la fragua final se determinó penetrando una aguja de 35 kg/cm<sup>2</sup> hasta otra carga de 280 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Las agujas que penetraron el mortero tienen los diámetros de 1 1/8", 3/16", 9/16", 5/16", 4/16", 3/16". La aguja que primero se insertó fue la de mayor diámetro (1 1/8") y así se continuó de una forma decreciente hasta llegar al menor diámetro.



**Figura 09:** Medidor de tiempo de fragua por penetración  
Elabracion: El autor

### 2.2.5.4 Resistencia a la Compresión

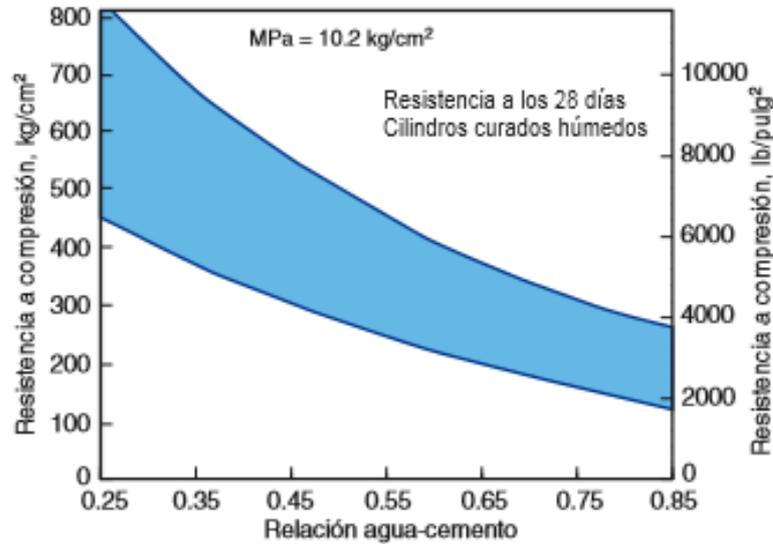
La resistencia del concreto es propiedad mecánica que se mide cuando el concreto está en estado endurecido. Se puede definir como la medida máxima de la resistencia a la cara axial, la unidad de medida puede ser en kg/cm<sup>2</sup>, MPa o lb/pul<sup>2</sup>) para una edad de 28 días. Se pueden usar otras edades para medir la resistencia a la compresión, generalmente las edades usadas son 3 días, 7 días que se estima que es el 75% de la resistencia a 28 días y de 56 y 90 días que se dice que tiene un 10% y 15% más de resistencia que a los 28 días, respectivamente. Estas resistencias son explicadas en la figura:



**Figura 10:** Resistencias a la compresión por días

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

La vinculación entre la resistencia y la relación agua – cemento se investigó mucho a fines del siglo XIX y inicios del siglo XX, teniendo como principal conclusión que la resistencia aumenta a medida que la relación agua cemento disminuye. Esta misma relación inversa se repite con la resistencia a flexión y a tracción. A continuación me muestra una tabla con el vínculo de la relación a/c y la resistencia a compresión, sin la adición de aire incorporado.



**Figura 11:** Relación agua-cemento

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

Para un concreto que tiene una trabajabilidad y una relación agua - cemento requerida se da la posibilidad de disminuir el contenido de agua con la incorporación de aire, esta adicción no modifica la dosificación de cemento al diseño de mezcla. El menor empleo de la relación agua – cemento compensa la posibilidad de una menor resistencia especialmente en mezclas pobres.

### Importancia de la resistencia a Compresión

- Se usa principalmente para tener una referencia de resistencia del concreto a usar en un elemento, y se busca que cumpla los requerimientos de compresión de la estructura.
- Se utiliza para el de control de calidad del concreto, aprobación del concreto, para calcular la resistencia de las estructuras y para categorizar el concreto en diferentes tipos de acuerdo a su resistencia.
- Es la principal propiedad mecánica del concreto, por ser la compresión una de las principales cualidades del concreto
- Se puede categorizar el concreto en distintas clases, y darle un valor económico a cada una de las clases.
- La resistencia a compresión requerida influenciará en el diseño de mezcla para obtener la correcta dosificación de los materiales.

## Ensayo de resistencia a compresión

La Norma ASTM C 39 y NTP 339.034 relata el método de ensayo para practicarle la resistencia a compresión a unas muestras cilíndricas. La NTP 339.034 refiere que a las muestras cilíndricas de diámetro de 10 cm y 20 cm de altura se le aplica una carga axial hasta llegar al módulo de rotura de la probeta cilíndrica. La máxima carga dividida entre el área de la cara de la probeta proporcionó la resistencia a compresión. La resistencia de la probeta se obtuvo del promedio aritmético de la rotura de 3 probetas que debieron ser curadas previamente y rotas a una edad de 1 día, 3 días, 7 días, 14 días, 28 días, 56 días y 90 días

**Tabla 13:** Tolerancias de ensayo en la edad correspondiente

Edad de Ensayo	Tolerancia Permisible
24 horas	±0.5h o 2.1%
3 días	±02h o 2.8%
7 días	±06h o 3.6%
28 días	±20h o 3.0%
90 días	±48h o 2.2%

Fuente: NPT 339.034

La fórmula para determinar la resistencia a la compresión es la siguiente

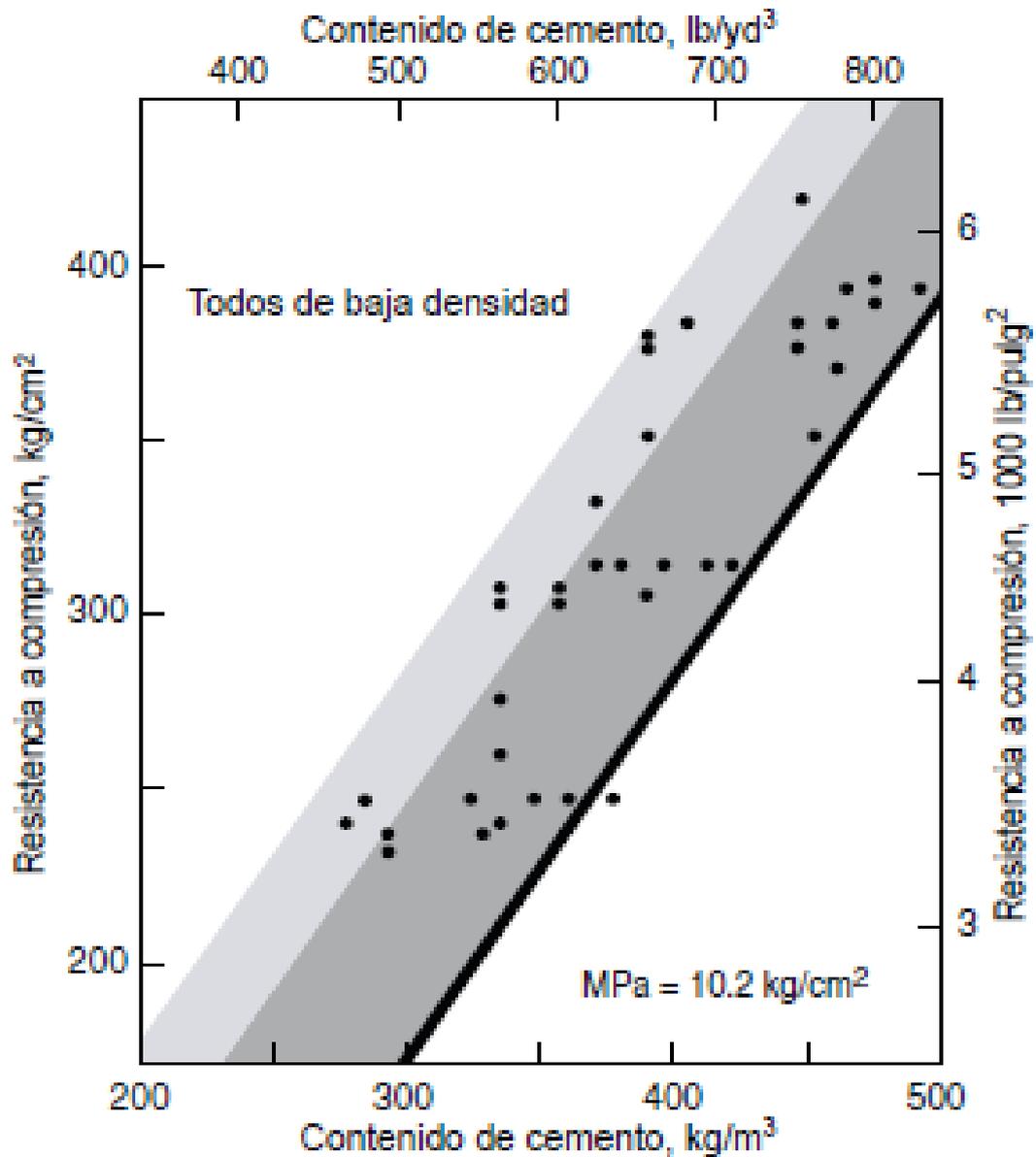
$$\theta = \frac{C}{A}$$

$\theta$  = Resistencia a la compresión

C = Carga máxima aplicada

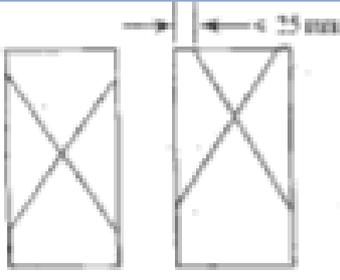
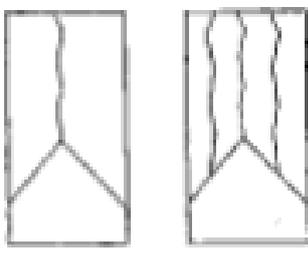
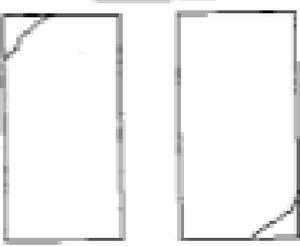
A = Área de la superficie recta de la probeta

A continuación se presenta un patrón según del tipo de rompimiento de las probetas cilíndricas.



**Figura 12:** Relación contenido de cemento con resistencia a compresión

Fuente: PCA Diseño y Control de Mezclas de Concreto (2004)

Tipo de Falla	Descripción	Representación Gráfica
1	Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas	
2	Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base	
3	Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados	
4	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1	
5	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado	
6	Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado	

**Figura 13:** Esquema de patrones de tipos de fracturas

Fuente: NPT 339.034



**Figura 14:** Ensayo a Compresión de probetas cilíndricas  
**Elaboración:** El autor

#### **2.2.5.5 Resistencia a la Flexión**

La resistencia a flexión es un ensayo que se le practica a una viga sin ningún refuerzo (acero), también se le domina como ensayo de la viga transversal. El ensayo sirve para calcular la resistencia a flexión de una viga y el 0 son en las vigas típicas que están sometidas a flexión, sin dejar de decir que la flexión también ocurre en otro elementos estructurales como las placas. El ensayo consiste en apoyar la viga en dos apoyos a los extremos y someterlo a una carga perpendicular en el eje de la viga.

El resultado de los ensayos es de interés en las construcciones de losas y pavimentos y el resultado pueden variar según sea la longitud de la viga, el contenido de humedad o si la vida fue cortada según lo que se solicitó.

La resistencia flexión está relacionado directamente a la resistencia a la compresión y se estima que la resistencia a flexión es 0.7 o 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en Mega pascales.

Debido a la carga que se somete la viga en el eje, este experimenta una fuerza cortante y un momento flexionante interno que va cambiando de valor a lo largo de todo el eje de la viga. Es ahí que determinamos la fuerza cortante máxima y el momento flexionante máximo y lo expresamos en el siguiente diagrama.

### **Importancia de la resistencia a la flexión**

- Se usa para tenerlo como referencia de resistencia a flexión de un elemento estructural como viga o placa
- La resistencia a flexión sirve como parámetros para la construcción de losas y pavimentos.
- Servirá como un parámetro de calidad de la calidad del concreto a usar.
- Te proporciona un bosquejo de donde ocurre la fuerza cortante y el momento flector.
- Manipula un mínimo asentamiento de la Viga o barra en la que se ejerce fuerza.

### **Ensayo de resistencia a la flexión**

La Norma ASTM C 78 y NTP 339.078, relata los pasos a seguir para realizar el ensayo para la resistencia a flexión.

La NTP 339.078 (2012) dice que las cargas se aplicarán en los tercios de la viga y ahí esperaremos que ocurra la rotura, esta rotura puede estar dentro del tercio central de la viga o a una longitud menor al 5% de la luz libre, según sea el caso se aplicará las siguientes formulas.

- a) Si la rotura ocurre en el tercio central el módulo de rotura será:

$$Mr = \frac{CL}{bh^2}$$

Se debe saber que:

Mr = Módulo de Rotura, en kg/m<sup>2</sup>  
C = Carga máxima, en N  
L = longitud del tercio medio, en mm  
b = base de la viga, en mm

h = altura de la viga

- b) Si la rotura se produce afuera del tercio central con una longitud menor al 5% de la luz libre, el módulo de rotura será:

$$Mr = \frac{3Ca}{bh^2}$$

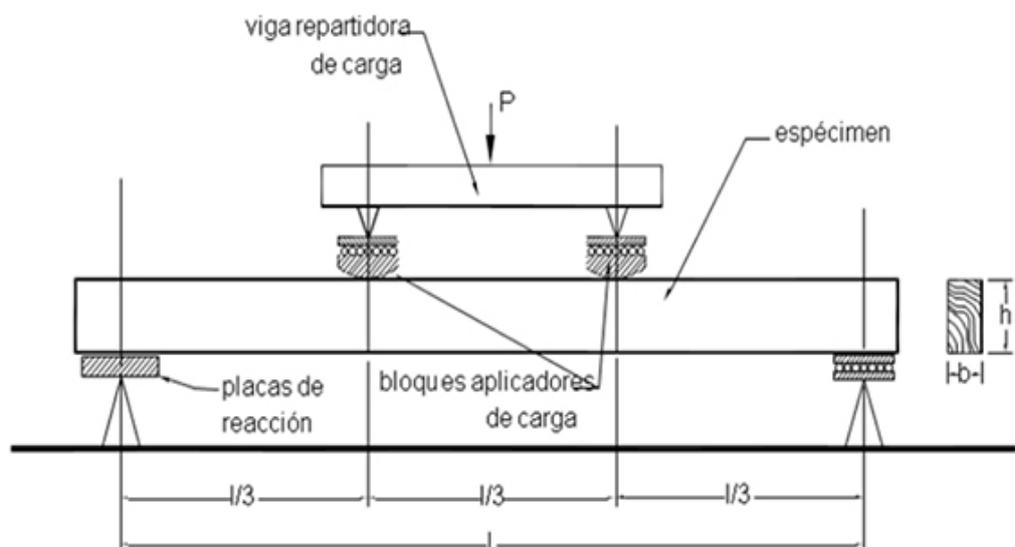
Mr = Módulo de Rotura, en kg/m<sup>2</sup>

C = Carga máxima, en N

a = Distancia entre el punto donde ocurre la rotura y el apoyo más próximo, mm

b = base de la viga, en mm

h = altura de la viga en mm



**Figura 15:** Diagrama para ensaya vigas de flexión

Fuente: Raymundo D. & Víctor R. Influencia de los nudos sobre la resistencia en flexión estática en madera de tamaño estructural



**Figura 16:** Ensayos a Flexión  
Elaboración: El autor

## **2.2.6 Concreto reciclado**

### **2.2.6.1 Concreto reciclado en la construcción**

Llamamos concreto reciclado al concreto compuesto con materiales reciclados, como los agregados, este sea agregado grueso reciclado o agregado fino reciclado. El concreto reciclado es procedente de la construcción y de los escombros y está situado en botaderos informales ocupando un gran espacio físico.

En algunos casos como es en la utilización de base y subbases, el concreto elaborado con agregado reciclado llega a tener mejores propiedades que el concreto Virgen. La importancia del agregado reciclado radica en que se estima que puede llegar a producir un nuevo concreto con las mismas propiedades físicas y mecánicas que el concreto convencional, a un precio más económico y con beneficio medio ambiental en contra de la contaminación.

El concreto reciclado está compuesto por materiales procedentes de la construcción, prácticas constructivas y demoliciones, a estos materiales los denominamos Residuos de construcción y demolición (RCD).

### 2.2.6.1.1 Procedencia y composición de concreto reciclado

El cálculo del volumen de los RCD es muy limitado y que hasta ahora no se ha hecho una investigación sobre esto y existe una falta de datos, es por eso que se estima la cantidad por cálculos indirectos o una muestra representativa. Es así que tenemos que tener en cuenta algunos factores que van a influenciar el volumen de los RCD,

- Procesos que genera residuos: Construcción, reparaciones o demoliciones.
- Tipo de edificación que origina los residuos: construcción de residenciales, industriales, de servicios, carreteras, obras hidráulicas, etc.
- Antigüedad de la edificación o infraestructura: Determina la calidad de los materiales obtenidos en la demolición.+
- Tendencia de la construcción en un periodo determinado: afecta considerablemente el volumen de los RCD, ya que mientras más movimiento hay en la construcción, mayor cantidad de materiales hallamos.
- Políticas y medidas en materia de construcción: Son aquellas que condicionan e incentivan la construcción de nuevas edificaciones o rehabilitación de edificaciones.

A continuación, se muestra una tabla de la cantidad de residuos de construcción y demolición en país de la Unión Europea.

**Tabla 14:** Producción de Residuos Sólidos en Europa

País	Producción(miles T)	Producción per-cápita(kg/hab/año)	Observaciones
Alemania	53000	880	datos de 1980
Belgica	7000	700	No incluye tierras de excavacion ni RCD
Dinamarca	6500	1275	
España	11000	285	Solo incluye residuos de demolicion de edificios
Francia	30400	580	datos 1978
Grecia	ND	ND	
Holand	14000	940	

<b>Irlanda</b>	400	110	No incluye tierras de excavacion ni RCD
<b>Italia</b>	2750	50	datos 1977
<b>Reino Unido</b>	50000	900	No incluye tierras de excavacion ni RCD

Fuente: Cruz, G. & Velázquez Y. (2004). Concreto Reciclado

Según los datos recuperados en la composición se observa que los RCD están compuestos por concreto, ladrillo, bloques de mampostería, cerámicos y material granular.

#### **2.2.6.1.2 Tratamiento y reutilización de los escombros de construcción**

En general la gestión de los RCD se ve influenciada seriamente del lugar geográfico en donde es tratado. Los países que tienen mejor gestión de los RCD y los residuos en general son los que tienen presente las políticas de reforma del medio ambiente y también los que tienen poca materia prima de materiales de construcción. Es así que estos países tienen iniciativa de reutilización de los residuos.

En la demolición de edificaciones los materiales son separados de acuerdo a su valor, por ejemplo los tubos de metal, las puertas de madera o ventanas de metal, son separadas de forma preliminar, ya que estos tienen un valor de chatarra en el mercado. Después el resto de materiales son botados en el botadero formal o informal más cercano. Por otro lado, tenemos que en algunos países se opta por incinerar los materiales de construcción y en otros casos se usa los residuos de construcción como relleno de la misma obra o de obras aledañas. Estas medidas se adoptan para así anular los costos de transporte de materiales a los botaderos.

#### **2.2.6.1.3 Recuperación y reciclaje de los residuos de construcción**

Se realizó un análisis previo acerca de cómo podemos aprovechar cada tipo de residuo encontrado en los escombros, es así que los clasificamos:

- **Materiales reutilizables**

Podemos considerar a estos como los materiales que pueden ser utilizados para la misma función en otras obras como materiales de acero, puertas y ventanas de madera, tejas y ladrillos que se encuentran en buen estado. También tenemos a los residuos que están libre de impurezas que pueden ser usados como rellenos, base, sub base de pavimentos.

- **Materiales reciclados**

Generalmente son los metales, plásticos y vidrios. Este tipo de materiales limpios se pueden renovar y convertirse en el mismo producto que originó el residuo.

- **Residuos que se convierten en materia prima de otros productos**

Además de los metales, plásticos y vidrios, existen otros materiales que pueden ser reciclados tales como concreto, pavimentos, ladrillos y materiales provenientes de la roca, que pueden servir como base para la fabricación de otros productos.

Para poder reciclar los agregados se tiene como requisito principal que se encuentren en una condición limpia, libre de maderas, yeso, plásticos, vidrios, etc. Es por eso que para su reciclaje tiene que pasar por una selección previa para poder filtrar los agregados limpios.

#### **2.2.6.1.3.1 Limitaciones técnicas**

Las limitaciones dependen mucho de la técnica de demolición usada, de este factor dependerá mucho la calidad de residuos que obtengamos y a la vez con eso podremos obtener un beneficio económico satisfactorio.

Por eso como régimen general tenemos que el RCD es mucho más beneficioso cuando esta lo mayor limpio posible y es mucho más perjudicial cuando tiene un harto grado de material contaminante. Es por eso que para el agregado reciclado se debe tener una demolición selectiva, la cual nos permita apartar los materiales contaminantes de nuestro agregado.

Por otro lado tenemos el volumen útil en el agregado bruto para poder reciclar o reutilizar, algunas veces llega a ser muy poco. Es por eso

que algunos costos de tratamiento resultan ser muy costosos en especial cuando son a fracciones pequeñas y el resultado es que el costo de tratamiento resulta más alto que el beneficio del reciclado.

### **2.2.6.1.3.2 Normas Internacionales para concreto Reciclado y Residuos**

#### **Normativa en EEUU**

A pesar de que actualmente no hay normas del concreto reciclado para determinar las propiedades de estas, por ahora nos regimos bajo el comité 555 de ACI que da un documento que normaliza el uso de agregado reciclado usado para concretos, cabe resaltar que tienen diferentes categorías:

- a) Residuos triturados procedentes de demoliciones: Es una combinación de concreto con residuos cerámicos que tiene otros materiales contaminantes.
- b) Residuos de demolición clasificados y limpios: Es una combinación de concreto con residuos cerámicos, pero sin otros materiales contaminantes.
- c) Residuos cerámicos limpios: Contienen restos de ladrillos clasificados que poseen menos de 5% de concreto y aparte materiales pétreos y otros contaminados.
- d) Residuos de concreto limpios: Son restos de concreto chancados y clasificados que poseen menos de 5% de ladrillo, materiales pétreos u otros contaminados.

A todas estas categorías necesitan poseer la dureza pertinente para que así puedan pasar sin ningún problema los esfuerzos a compresión y que también su granulometría sea la correcta para que puedan tener una correcta consistencia.

Luego de acuerdo a como pueden funcionar se clasifican en:

- 1) Agregados para rellenos en general: Las categorías a, b, c y d funcionan para este fin.
- 2) Agregados para drenaje: Las categorías a, b, c y d funcionan para este fin

- 3) Agregados para bases y sub-bases de carreteras: Solamente las categorías b, c y d son ideales para este fin
- 4) Agregados para la fabricación de concreto: A pesar de que las categorías b y c podrían usarse para concreto la categoría d es la óptima para este fin.

### **Normativa en Japón**

En el país de Japón las piedras recicladas son clasificadas en tres categorías. La piedra reciclada con las mejores propiedades es la llamada con la Letra H, la de calidad intermedia es la letra M, y el de menos propiedades se les llama con la letra L. Con la letra H se puede conseguir el mejor concreto. Todas estas categorías, esta fiscalizada por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 que han estado vigentes durante los años 2005 y 2007. Las categorías anteriores se diferencian entre propiedades físicas, propiedades mecánicas y a la reactividad de álcali agregado y contenido de contaminantes.

### **Normativa en Australia**

En el año 2002 el Ministerio del Ambiente y Patrimonio de Australia confeccionó un manual para el uso adecuado del concreto reciclado, con ayuda de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). En esta manual dividieron el agregado reciclado en dos categorías, en clase 1 y en clase 2. Los de la clase 1 se utiliza para la elaboración de concreto nuevo y los de la clase 2 los utilizamos como base y subbases de carreteras y pavimentación. Se les pide a ambos una absorción menor al 6% y una densidad mínima de 2100 kg/m<sup>3</sup>.

### **Normativa en Alemania**

En Alemania se hace uso de la norma DIN 42226-100 que categoriza las piedras recicladas en 4 tipos:

Tipo 1: Son las piedras que provienen de los residuos de concreto o de minerales. Estos agregados poseen un alto contenido de Clinker, ladrillo y arenisca caliza e 10%.

Tipo 2: Son las piedras que provienen de los residuos del concreto o de minerales con un porcentaje del 70%, Estos agregados presentan alto contenido de Clinker, ladrillo y arenisca caliza de 30%.

Tipo 3: Son las piedras que provienen de los residuos de concreto o minerales con un porcentaje de 80%. Los agregados presentan un alto grado de materiales provenientes del concreto o agregados minerales 20%

Tipo 4: Son agregados que provienen de los RCD cerámico y con un porcentaje del 80% de material proveniente del concreto, piedras minerales o productos cerámicos.

### **Normativa del Reino Unido**

El Reino unido fomenta la norma BS-EN 206-1 que categoriza el agregado reciclado en dos tipos:

RCA: Es el agregado proveniente del concreto que posee un contenido de impurezas o material contaminante de 17% como máximo. La resistencia de este tipo de agregado es de máximo 40N/mm<sup>2</sup>

RA: Es el agregado proveniente del concreto que tiene un porcentaje ilimitado de materiales contaminantes. Su resistencia máxima es de 29N/mm<sup>2</sup>.

La RILEM contempla 3 tipos de agregados:

TIPO I: Agregados proveniente del ladrillo

TIPO II: Agregado proveniente de RCD y un contenido de cerámico máximo de 10%

TIPO III: Agregados naturales de aproximadamente 80% combinados con el tipo I y II

### **Normativa en España**

En España se rige bajo una normativa desde el 2008 denominada la EHE-08. Aquí se proporciona recomendaciones acerca del uso de concreto reciclados

- Inhabilita la fabricación de concreto con agregado fino reciclado.
- Solo permite el reciclaje de agregados cuando provenga del concreto, y el concreto de donde se extrae el agregado no debe estar sujeto a sulfatos, fuego, reactividad, álcali-árido o concretos como el aluminoso, con fibras o polímeros.
- Como máximo el 5% del peso del agregado debe pasar por la malla de 4mm.
- Cuando el reemplazo de agregado grueso reciclado por agregado natural es menos de 20%, el contenido de terrones de arcilla debe ser menor a 0.6% mientras que con el concreto completamente natural debe ser menor a 0.15%.
- El agregado reciclado debe contener un porcentaje menor de 5% en los que refiere a material cerámico, por otro lado las partículas ligeras, asfaltos, plásticos, vidrios y metales deben ser menos del 1% del total del peso de la muestra.
- Cuando el reemplazo del agregado grueso reciclado por agregado natural es menos de 20% la absorción debe ser menos de 7%, la absorción del agregado natural es menor a 4.5%. Cuando el reemplazo es mayor de 20% el agregado natural debe ser menor a 5%.
- La resistencia al desgaste del agregado reciclado es el mismo del agregado natural, el coeficiente de los Ángeles no debe exceder el 40%.
- La forma, el índice de lajas y la granulometría son perfectos un concreto estructural.

### **Normativa en México**

En América latina México es el primer país en incursionar con el uso de la reutilización del concreto. La empresa Concretos reciclados S.A. es la primera empresa en incursionar en este tema, promoviendo la política de reciclaje y creando nuevos estándares de calidad.

En México se dictaminó la Ley de prevención y gestión de los residuos que define a los RCD como de manejo especial y también se define a los residuos de construcción como no peligrosos. En el Distrito

Federal se trabajó en normas para los residuos de construcción como la normal NADF.007-RNAT-2004 que clasifica los residuos de construcción y también establece especificaciones acerca de estos. Es por eso que los denominamos como los materiales producidos durante la excavación, demolición, excavación o construcción de edificios.

### **Normativa en Brasil**

En Brasil, actualmente, se cuenta con una planta de reciclaje de residuos, cabe recordar que es el primer país de América latina en el que se ha implementado una planta de Reciclaje, y también Brasil es el primer país en Sudamérica en incursionar en la reutilización de concreto, justamente la empresa Recicladados S.A. abrió una sucursal en este país y promueve la cultura de reciclaje. La resolución N° 307/2002 establece algunas normal sobre residuos reciclados.

Tipo A: son aquellos residuos reciclables como el agregado proveniente de construcciones, demoliciones, pavimentos, de terraplenes y de otro tipo de estructuras. Por otro lado tenemos a los ladrillos, tejas, porcelanato y por ultimo a los bloques y tubos metálicos.

Tipo B: son los residuos como plástico, vidrio, papel, maderas y otros.

Tipo C: son los residuos que aún no son tecnológicamente reciclables o el proceso de reciclaje resulta de alto valor económico, un ejemplo es el Yeso

Tipo D: son los residuos con alto grado de peligrosidad, producidos por las construcciones como por ejemplo lo óleos, tintas, solventes, o como reformas de clínicas radiológicas o instalaciones industriales.

#### **2.2.6.1.3.3 Costos en la eliminación de materiales de construcción**

Los costos se vuelven una limitante condicional, cuando extracción, tratamiento producción y almacenamientos de los materiales son a distancias muy lejanas, por lo que vuelve muy alto el valor del transporte, lo cual limitaría el reciclaje de los residuos.

## 2.2.6.2 Investigaciones del concreto reciclado

### 2.2.6.2.1 Propiedades físicas del concreto reciclado y un concreto patrón

Se ha hecho investigaciones y comparaciones el concreto con agregado reciclado y el concreto convencional, a continuación se mostrará una tabla para comparar las densidades y los contenidos de aire.

**Tabla 15:** Densidad y contenido de aire de concreto nuevos y reciclados

Tipo de agregados utilizado	Relación agua/cemento	Densidad del concreto fresco(kg/m <sup>2</sup> )	Contenido de aire%
<b>Malhotra</b>			
Agregado Grueso(reciclado de baja resistencia)Finos(naturales)	0.69	2,115	6.9
Control	0.69	2,210	6.2
Agregado Grueso(reciclado de baja resistencia)Finos(naturales)	0.67	2,240	3.5
Control	0.67	2,275	5.3
<b>Buck</b>			
Agregado Grueso(concreto demolido)Finos(naturales)	0.49	ND	5.7 a 6
Agregado Grueso(concreto demolido)Finos(naturales)	0.49	ND	5.9 a 6.3
control	0.49	ND	6 a 6.3

Fuente: Cruz, G. & Velázquez Y. (2004). Concreto Reciclado

La resistencia a la compresión se estima que es menor que la del concreto patrón, sin embargo, se ha comprobado que el concreto con agregado procedente de la demolición puede obtener una resistencia más alta que le concreto demolido de dónde provino el agregado.

Con respecto a la resistencia a flexión se estima que el concreto realizado con agregado reciclado adquiere mayor resistencia que el concreto elaborado con agregado natural.

La trabajabilidad del concreto reciclado realizado con agregado grueso y fino tiene una consistencia más seca y

rígida, sin embargo se estima que cuando se reemplaza el agregado fino reciclado por uno natural se logra el mismo asentamiento. Por otro lado se cree que se puede llegar a reducir la relación agua - cemento con la adición e reductores de agua.

#### 2.2.6.2.2 Residuos de concreto, no contaminado, para agregado

Las investigaciones de concreto reciclado hablan en su mayoría de un concreto no contaminado como los que provienen de una demolición de carreteras. Cuando se tritura se puede ver la aparición de agregado piramidal o redondeado. Asimismo, se sabe que el concreto reciclado posee una absorción elevada y un peso específico un más bajo. A continuación se muestra una tabla de gravedad específica y absorción.

**Tabla 16:** Gravedad específica y Absorción de agregados reciclados

Tipo de Agregado	Gravedad específica a granel	Absorción (%)
<b>Agregado preparado de concreto reciclado</b>		
<b>Grueso</b>	2.52	3.9
<b>Fino</b>	2.34	7.6
<b>Agregado Natural</b>		
<b>Cal Triturada</b>	2.67	0.8
<b>Grava de pedernal</b>	2.52	2.6
<b>Arena natural</b>	2.63	0.4

Fuente: Cruz, G. & Velázquez Y. (2004). Concreto Reciclado

La resistencia del concreto reciclado es la resistencia de su enlace más débil. En el concreto el enlace más débil es la conexión entre pasta y agregado, por lo que se estima que la fractura se presenta alrededor del agregado. Por lo que se estima a creer que cuando se sustituye agregado reciclado con agregado natural este no variará su resistencia ya que el concreto se fracturará en la conexión más débil de pasta – agregado. Según menciona Frondistou – Yannas, en sus pruebas de adherencia, se estima que la adherencia del concreto reciclado y la adherencia de pasta – agregado natural son igual de fuertes. A continuación, una tabla de comparación de propiedades del concreto

**Tabla 17:** Comparación de las propiedades del concreto reciclado

Propiedad	CAR no contaminado
Adherencia agregado-mortero principalmente con grava del concreto viejo	Comparable al de control
Agregado principal de mortero del concreto viejo	55% del que tiene el de control
Resistencia a la compresion	64 a 100% del de control
Modulo estático de elasticidad a la compresion	60 a 100% del de control
Resistencia a la flexión	80 a 100% del de control
Resistencia a la congelacion-descongelacion	Comparable al de control
Coefficiente lineal de expansión térmica	Comparable al de control
Cambios de longitud de muestras de concreto almacenada durante 28 días a 23°C	Comparable al de control
Revenimiento	Comparable al de control

Fuente: Cruz, G. & Velázquez Y. (2004). Concreto Reciclado

### 2.2.6.2.3 Residuos de concreto, contaminado, para agregado

Los residuos procedentes de la demolición de un edificio están contaminados, ya que está mezclado con materiales como vidrio, plásticos, madera, que resultan perjudiciales, por ejemplo la

madera cuando se encuentra saturada tiene a ensancharse y cuando está seco disminuye de nuevo su volumen.

La resistencia a compresión de concreto con agregado proveniente ladrillos es mejor que la del agregado natural y se estima que tiene un mejor aislante y una resistencia al fuego más alta que el agregado natural.

El yeso en los agregados reciclados puede influenciar el comportamiento con los sulfatos. El efecto del yeso está relacionado con la cantidad que ese emplea y con su tamaño, el yeso reacciona generalmente en la superficie del cemento.

### **2.3 Definiciones conceptuales**

- **Resistencia a compresión de concreto ligeros**

Los concretos ligeros tienen resistencia que se relacionan habitualmente con la cantidad de cemento para una consistencia dada y además con el contenido de aire, ya que la relación agua – cemento, el contenido de agua puede variar considerablemente si tomamos en cuenta la absorción de los agregados ligeros, y el agua se ve reducida a la hora de realizar la mezcla. La resistencia a compresión habitual de los concretos ligeros varía entre 210 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, también se puede producir concreto con una resistencia más alta. La resistencia a compresión y el contenido cemento deben tener una relación constante para un misto tipo de agregado ligero, pero si se modifica la procedencia del agregado ligero, se puede modificar la relación constante ya que el agregado puede influenciar la resistencia a compresión. La siguiente figura nos proporcionará una relación del contenido de cemento y resistencia. El uso del concreto ligero generalmente se da en estructuras que no pueden aportar un gran peso y por consiguiente tenga una baja carga muerta, como por ejemplo puentes o losas de edificios altos.

- **Concretos de Alta resistencia**

El concreto de alta resistencia cambia de valor a lo largo de los años, ya que antiguamente un concreto de 350 kg/cm<sup>2</sup> era considerado de alta resistencia. Actualmente, se denomina concreto de alta resistencia a un concreto que tiene una resistencia a compresión considerablemente mayor a los concreto que habitualmente se realizan. Un concreto habitual se puede considerar a uno que tiene en el rango de 210 kg/cm<sup>2</sup> a 420 kg/cm<sup>2</sup>, realizándose normalmente en el rango de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto de alta resistencia tiene que tener una resistencia mínima de 700 kg/cm<sup>2</sup>, así como también se ha registrado la construcción de edificio con una resistencia de 13402 kg/cm<sup>2</sup>

- **Concreto reciclado**

Llamamos concreto reciclado al concreto compuesto con materiales reciclados, sea esto agregado grueso reciclado o agregado fino reciclado.

- **Curado**

“Es la acción que se lleva a cabo para conservar las condiciones de humedad y de temperatura en una mezcla cementante recién colocada a fin de permitir la hidratación del cemento hidráulico” (Bryant Mather y Celik Ozyildirim, Cartilla del Concreto, 2002, p.29).

- **Durabilidad**

“Capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro”. (Kumar Metha y Paulo Monteiro, ACI 201, 1998, p.83).

- **NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060 CONCRETO ARMADO.**

“La presente norma establece los requisitos y exigencias para el diseño, análisis, materiales, supervisión, control de calidad del

concreto armado, preesforzado y simple.” (Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, 2010, párr.1)

Los planos estructurales así como las especificaciones técnicas del proyecto tienen que cumplir con la NPT E.060

Cuando esta norma u otra cuentan con algún tipo de discrepancia con respecto a algún tema, tiene prioridad sobre otras normas si es que trata sobre un tema estructural.

La presente norma no rige sobre el diseño de las losas que van apoyadas sobre el suelo a excepto que estas transmitan cargas verticales y horizontales desde otra estructura hacia el suelo. El diseño y construcción de losas estructurales con moldes de acero permanentes considerados como no compuesto, están bajo régimen de esta norma.

- **Plastiment TM – 30**

Es un aditivo para concreto que puede ser usado como plastificante y que le da moldeabilidad al concreto, no contiene cloruros y tampoco tiene una acción corrosiva para con los aceros. El aditivo tiene como principales cualidades la mejoría de trabajabilidad para el concreto, reducción del contenido de mezcla e incremento de la impermeabilidad y durabilidad.

En la presente investigación el uso de este aditivo tiene como objetivo principal darle mayor plasticidad a nuestro concreto, pudiendo así tener una mayor trabajabilidad, recordando que esta investigación será propuesta para una concretera, y mientras el concreto está siendo transportado a obra pierde trabajabilidad.

- **Sikament TM – 100**

Es un aditivo del tipo de reductor de Agua para el concreto, logrando así reducir también el contenido de cemento para brindarle economía a la mezcla. Otro beneficios que concede el aditivo es la mejora de la trabajabilidad, mejora de acabados, evita la exudación,

reduce los tiempos de vibrado, reduce su permeabilidad, aumenta su durabilidad y evita la segregación.

En la presente investigación el uso de este aditivo tiene como objetivo principal la reducción de contenido de agua trayendo esto como consecuencia la disminución del contenido de cemento y por consecuencia logrando un diseño de mezcla más económico.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es Básica, ya que genera conocimiento al comparar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado y el agregado grueso natural en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Tiene un enfoque cuantitativo, ya que los valores de las variables son "números" (datos medibles).

#### **3.2 Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación es Experimental, ya que se estimuló de manera intencional la Variable independiente (Agregado grueso proveniente del concreto reciclado) por medio de ensayos para analizar la influencia que tiene en las propiedades físico y mecánicas.

##### **3.1.1 Experimentos puros**

El tipo de diseño experimental es Experimento puro, porque la variable dependiente tiene más de una medición, ya que se medirá la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad y tiempo de fragua.

#### **3.3 Nivel de investigación**

**a) Descriptiva:** La presente investigación es Descriptiva, porque describe los hechos observados durante el desarrollo de la investigación y también mide las propiedades físicas y

mecánicas del concreto con agregado grueso proveniente del concreto reciclado.

**b) Exploratoria:** La presente investigación es exploratoria, porque vamos a explorar un material poco investigado o poco usado en el mercado como es nuestra variable independiente agregado grueso proveniente del concreto reciclado, y con esta investigación vamos a familiarizar este material con las industrias para que a futuro su uso sea con mayor frecuencia.

### 3.4 Variables

En la presente tesis se ha identificado el objeto de estudio, la variable dependiente y la variable independiente.

Objeto de estudio: Elaboración de un concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado.

La variable independiente viene a ser el agregado grueso proveniente del concreto reciclado. Es considerada independiente, ya que de acuerdo a la cantidad o al porcentaje de agregado grueso proveniente del concreto reciclado que le coloquemos al concreto, variará la variable dependiente. El índice viene a ser el porcentaje de agregado grueso proveniente del concreto reciclado.

**Tabla 18:** Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE:		
AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL CONCRETO RECICLADO	ÍNDICES	MEDICIÓN
	Porcentaje de Agregado grueso proveniente del concreto	%

Elaboración: el autor

La variable dependiente viene a ser las propiedades físicas y mecánicas del concreto ya que este variará o se modificará a medida que cambie el porcentaje o la cantidad de agregado grueso proveniente del concreto reciclado. En los índices se tiene a la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, Trabajabilidad, contenido de aire y tiempo de Fragua; este último considerado como variable dependiente, ya que es una propiedad física del concreto, porque determina el tiempo en que llegará al estado de fragua inicial y fragua final. Este tiempo de fragua se verá influenciado por el los agregados reciclados, pues la inclusión de agregado reciclado afecta la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado.

**Tabla 19:** Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO	ÍNDICES	MEDICIÓN
	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	%
	Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	%
	Ensayo de trabajabilidad	%
	Ensayo de fragua (hh:mm)	%
	Ensayo de contenido de aire (%)	%

Elaboración: el autor

### 3.5 Población y muestra

La Población o Universo viene a ser el diseño de mezcla de concreto fresco (Trabajabilidad, tiempo de fragua y contenido de aire) y concreto endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la flexión). Para los ensayos se usó una tanda de 100 litros de concreto.

La muestra vendría a ser las probetas realizadas en los laboratorios, probetas de 10 cm y 20 cm de diámetro que fueron ensayadas a la edad de 3 días, 7 días y 28 días. También serán las vigas de un metro de longitud.

### 3.6 Instrumentos y equipos

Los instrumentos usados para la extracción de materiales fueron los siguientes:

- Encuestas
- La Norma técnica Peruana (NPT)
- American Concrete Institute (ACI)
- Datos estadísticos
- American Society of Testing Material (ASTM)
- Formatos protocolares de las propiedades del concreto
- Medidor contenido de aire de concreto fresco “PRESS – AIRE – METER, capacidad: 0% a 100%, Marca: Forney (2008).
- Termómetro con indicación digital, capacidad: -50°C a 150°C, marca: Hanna Instrument (2006))
- Penetrómetro para determinar tiempos de fraguados, capacidad: 200lbf, Marca: Forney (2012)
- Máquina de Compresión axial electro-hidráulica, capacidad: 250,000 lbf, Marca: Humboldt (2010)
- Cono de Abrams
- Máquina de Flexión, capacidad: 200 KN, Marca: UTC- 5600 (2012)
- Libros y Revistas de concreto

## Fotos de equipos de laboratorio



**Figura 17:** Máquina de Compresión axial electro-hidráulica, capacidad: 250,000 lbf, Marca: Humboldt  
**Elaboración:** el autor



**Figura 18:** Máquina de Flexión, capacidad: 200 KN, Marca: UTC- 5600  
**Elaboración:** el autor



**Figura 19:** Cono de Abrams  
**Elaboración:** el autor



**Figura 20:** Medidor contenido de aire de concreto fresco "PRESS – AIRE – METER, capacidad: 0% a 100%, Marca: Forney

**Elaboración:** el autor



**Figura 21:** Penetrómetro para determinar tiempos de fraguados, capacidad: 200lbf, Marca: Forney  
**Elaboración:** el autor

### **3.7 Hipótesis**

#### **3.7.1 Hipótesis General**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto

#### **3.7.2 Hipótesis Específica**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a compresión de un concreto

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a flexión de un concreto

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente la fragua de un concreto

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la trabajabilidad de un concreto

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en el contenido de aire de un concreto

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO Y PRUEBAS DEL PROYECTO**

#### **Caso de investigación**

En la presente investigación se planteó realizar cuatro diseños de mezclas con concreto reciclado y comparar con una mezcla patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se realizó diseños con porcentaje de agregado grueso reciclado de 20%,30% y 40%.

#### **4.1 Procedimiento**

##### **4.1.1 Procedimiento en Campo**

###### **Paso 1: Elección del botadero**

Para la realización de la presente tesis, se tiene que comenzar por encontrar la fuente de materia prima para los ensayos. En este caso particular, la fuente de materia prima serán los residuos de demolición o concretos reciclados que se encontrará en cualquiera de los 187 botaderos informales que están distribuidos en la ciudad de Lima. Para la presente investigación se eligió conseguir el concreto reciclado del botadero llamado “la Rayón” que está ubicado en el límite de la zona industrial y la zona Urbana; este botadero se ubica entre la intersección de la Av. Enrique Meiggs y la Av. Industrial.



**Figura 22:** Botadero la Rayón

Elaboración: el autor

## **Paso 2: Obtención y fragmentación del Concreto reciclado**

El botadero “La Rayón” contó con diversos tipos de concretos, de diferentes tamaños, formas, tipos de estructura, resistencias y volúmenes. Por lo que los concretos con gran dimensión será más dificultoso de movilizarlos, es por eso que en estos casos se procederá a fraccionar los concretos en partes más reducidas, logrando más comodidad a la hora de transportarlos y triturarlos. Para extraer la cantidad de agregado necesario para nuestros ensayos se extrajo aproximadamente 1500 kg de concreto. En este proceso se encontró materiales contaminantes como madera, vidrio, plásticos, papel, cartones y todo tipo de materiales que no iban a ser usados para nuestro ensayo, por lo que se tuvo que hacer una separación de este tipo de materiales, así como la separación de basura y restos orgánicos encontrados en el basural. Los equipos usados en este paso fueron Comba grande, lampa y costales de polipropileno.



**Figura 23:** Fragmentación del concreto reciclado

Elaboración: el autor



**Figura 24:** Concreto reciclado

Elaboración: el autor

### **Paso 3: Trituración de Concreto reciclados**

La trituración del concreto reciclado es el paso más importante en la extracción del agregado, ya que en este paso se consiguió la piedra, que es el material más importante de la investigación. El proceso de trituración fue muy lento pues fue un proceso de extracción manual, que si se hacía uso de una chancadora podía fisurar la piedra hasta convertirla en polvillo, provocando que el volumen de agregado reciclado se vea reducido considerablemente. Es por esta razón que se optó por la trituración manual, pero este proceso fue más lento, tuvo como beneficio que fue más seguro y más preciso. Por lo tanto, se procedió a la trituración de una forma lenta y sin la aplicación de mucha fuerza. El equipo usado en este paso fue la comba pequeña.



**Figura 25:** Trituración del concreto

**Elaboración:** el autor



**Figura 26:** Concreto reciclado triturado

**Elaboración:** el autor

#### **Paso 4: Elección selectiva del agregado reciclado**

Ya que el agregado reciclado después de la trituración resultaba con un alto contenido de materiales contaminantes, tales como ladrillos, cerámicos, arena, cemento, era necesaria una filtración del agregado reciclado, la cual lográbamos mediante pequeños golpes al agregado en bruto, logrando así dispersar el agregado y separándolo de los materiales contaminantes. Es así que se obtuvo el agregado reciclado casi completamente limpio, sin embargo el agregado reciclado es imposible que salga completamente limpio, ya que si buscamos ese estado, se corre el riesgo de triturar y volver polvillo el agregado a causa de los golpes a la piedra reciclada. Los equipos usados en este proceso fueron comba pequeña, baldes de plástico y costales de polipropileno.



**Figura 27:** Elección selectiva del agregado reciclado

Elaboración: el autor

#### 4.1.2 Procedimiento en Laboratorio

##### Paso 5: Transporte y ensayos de agregado reciclado en laboratorios

Luego de comenzar limpiar lo máximo posible los agregados, estos son transportados al laboratorio para realizar los ensayos de Granulometría, absorción, peso específico, etc. Logrando así obtener los datos como módulo de fineza, contenido de humedad y absorción, y así poder trasladarlos al diseño de mezcla. Los quipos usados fueron balanzas, taras, tamices, horno, baldes, cucharas, trapos, etc.

- **Ensayo Granulométrico**

Se rige bajo la NPT 400.012 (2001) Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Este ensayo fue realizado para un piedra de huso 57, para el agregado grueso natural, así como con 20%, 30% y 40% de remplazo de agregado grueso reciclado por agregado natural. Con él se obtuvo en módulo de finura de los agregados y la curva granulométrica correspondiente para cada agregado. El ensayo consistió en retener en cada malla del agregado y colocarlo en la Tara correspondiente; luego se pesa cada una de las muestras y se lleva los datos al formato granulométrico obteniendo nuestro módulo de finura.



**Figura 28:** Ensayos de Granulometría

Elaboración: El autor

- **Ensayo de Peso específico y absorción del agregado fino**

Se rige bajo la NPT 400.022, (2013). Método de ensayo normalizado para Peso específico y absorción del agregado fino, el ensayo consistió en coger una muestra del agregado grueso y sumergirlo bajo agua durante 24 horas; luego se seca con un trapo superficialmente y se pesa la muestra, obteniendo una muestra saturada superficialmente seca. Después se coloca la muestra en un balde de agua y se procede a pesarla, obteniendo así el peso en agua saturada. Como último paso se seca la muestra en horno o cocina, logrando así pesarla totalmente seca, obteniendo así el peso seco de agregado grueso. Con estos valores se puede hallar el peso, específico aparente, peso específico de masa, peso específico saturado superficialmente seco y porcentaje de absorción. Esos valores influenciarán en los diseños de mezcla.



**Figura 29:** Ensayo de Peso específico y Absorción

Elaboración: el autor

### **Paso 6: Diseño de mezcla**

Se busca fabricar concretos patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, para luego fabricar el mismo diseño de mezcla con reemplazo de 20%, 30%

y 40% de agregado grueso proveniente del concreto reciclado por agregado natural. Logrando así 4 diseños de mezcla que servirán para comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto patrón y los otros 3 diseños con concreto reciclado tanto en estado fresco como en estado endurecido. Los equipos usados en este paso fueron trompos de mezcla, lampas, balanzas, cono de Abrams, equipo de contenido de aire.



**Figura 30:** Mezclado de concreto  
Elaboración: el autor

### **Paso 7: Ensayos del concreto y comparación de resultados**

Como último paso se realizó los ensayos de resistencia a compresión, resistencia a flexión, tiempo de fragua, trabajabilidad y contenido de aire y se comparó cuál de los reemplazos brindó mejores resultados en comparación con el concreto patrón.

- **Ensayo de consistencia**

El ensayo se realiza con el concreto en estado fresco, con la finalidad de determinar el revenimiento o asentamiento del concreto. El ensayo se realizó con el cono de Abrams, vaciando el concreto en el cono en 3 porciones, aplicando 25 golpes con una varilla de hierro sobre la parte superior de cada porción. Al finalizar se retira el cono y se mide la distancia entre la parte superior de la muestra de concreto y la altura del cono de Abrams. Obteniendo así el asentamiento de nuestro concreto.



**Figura 31:** Ensayo de consistencia

**Elaboración:** el autor

- **Ensayo de contenido de aire**

El ensayo se realizó llenando una tara; en particular fue de 0.00696 m<sup>3</sup>, se llena en 3 porciones, aplicando 25 golpes con una varilla de fierro en la parte superior de cada porción y de 10 a 15 golpes sobre la tara de concreto con un martillo de Goma. Luego de llenarse la tara de concreto se enraza y se coloca la tapa que está incorporado con el medidor de aire; luego se cierra las válvulas de aire y se adiciona agua en las llaves de purga, después de eso se ejerce presión sobre la tara hasta que la aguja se ubique en la línea de presión inicial. Posteriormente se abrió ligeramente la válvula principal de aire y se le dio unos sutiles golpes a la pantalla de medición, es ahí cuando la pantalla de medición da el valor del contenido de aire.



### Figura 32: Ensayo de contenido de aire

Elaboración: el autor

- **Ensayo de tiempo de Fragua**

El ensayo de tiempo de fragua se realizó con la muestra de concreto que pasa la malla N° 4, que posteriormente fue colocada sobre una tara y fue penetrada por 6 agujas de 1 1/8", 13/16", 9/16", 5/16", 4/16", 3/16". Después de 8 horas aproximadamente se penetró la aguja de mayor dimensión que es la de 1 1/8", luego de 30 minutos la de 13/16" y así sucesivamente, teniendo como requisito de que todas las agujas pasen la carga de 100 lb/pul<sup>2</sup> como mínimo. Es así que se obtiene la fragua inicial y la fragua final de nuestro concreto. Debemos tener en cuenta que la fragua final debe tener de carga 500lb/pul<sup>2</sup> y la fragua final 4000 lb/pulg<sup>2</sup>. Teniendo como parámetros las siguientes cargas es que se obtiene el tiempo de fraguado inicial y fraguado final.



Figura 33: Ensayo de tiempo de fragua

Elaboración: el autor

- **Ensayo de concreto endurecido**

Estos ensayos consisten en la preparación de vigas y probetas para ser rotas a la edad de 28 días. Tanto las vigas como las probetas son llenadas en moldes. El molde de las probetas será de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro y las vigas tendrán 15 cm

de altura y 62 cm de largo, El vaciado de los moldes consistió en llenar en 3 porciones, aplicando 25 golpes con una varilla de fierro en la parte superior de cada molde y a la vez aplicar de 10 a 15 golpes con un martillo de goma sobre los moldes, Por ultimo después de llenado los moldes se procedió a enrazar con un paleta las muestras.



**Figura 34:** Preparación de probetas

Elaboración: el autor

## 4.2. Ejecución de los ensayos en Laboratorio

### 4.2.1 Agregado fino

#### Granulometría

Para este ensayo se utilizó las normas NTP 400.012-ASTM C136/C33. En estas se determina el procedimiento para realizar el tamizado de los agregados, el módulo de finura y el grafico de los límites máximos y mínimos tolerables.

**Tabla 20:** Analisis granulometrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	Agregado Fino	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100

<b>3/4"</b>	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>1/2"</b>	12.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>3/8"</b>	9.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>N° 4</b>	4.75	1.3	0.17	0.17	99.83	95	100
<b>N° 8</b>	2.36	49.9	6.62	6.79	93.21	80	100
<b>N° 16</b>	1.18	163.5	21.68	28.46	71.54	50	85
<b>N° 30</b>	0.60	205.9	27.30	55.76	44.24	25	60
<b>N° 50</b>	0.30	156.3	20.72	76.48	23.52	5	30
<b>N° 100</b>	0.15	92.1	12.21	88.69	11.31	0	10
<b>N° 200</b>	0.08	45.3	6.01	94.70	5.30	0	0
<b>Fondo</b>	0.00	40.0	5.30	100.00	0.00	0	0
<b>Total</b>		754.3	100.000	<b>M.F.</b>	<b>2.56</b>		

Elaboración: el autor

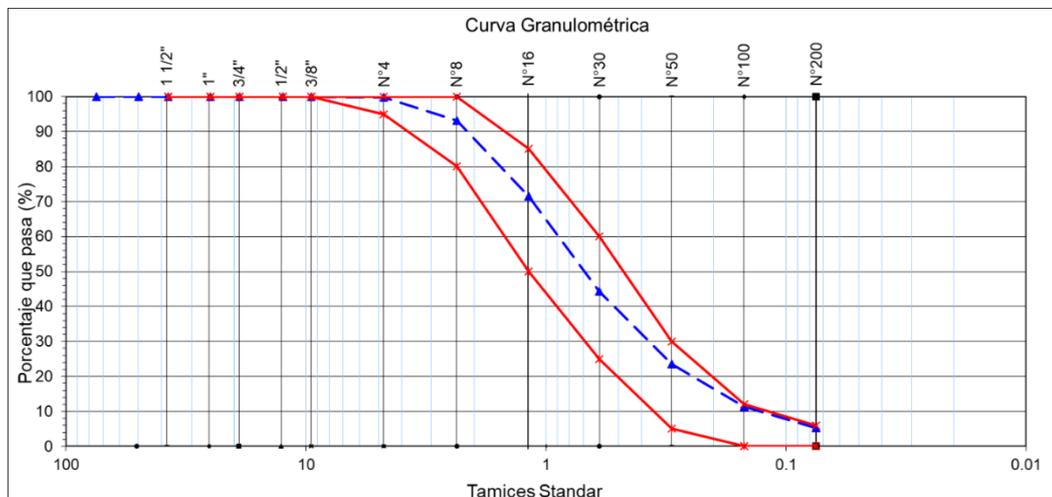


Figura 35: Curva granulométrica del agregado fino

Elaboración: el autor

### Contenido de Humedad

Para este ensayo se utilizó las normas NTP 339.185-ASTM C566. En estas se determina la cantidad de agua que está en el agregado. Este tiene influencia en el diseño de mezcla con relación a la cantidad de agua a emplear para la relación agua/cemento.

**Tabla 21:** Contenido de Humedad del agregado fino

Contenido de Humedad		
Peso natural :	737.7	gr
Peso seco :	731.1	gr
Contenido de Humedad	0.90	%

Elaboración: el autor

#### 4.2.2 Agregado Grueso

##### I. Agregado Grueso para concreto patrón

- **Granulometría**

Para este ensayo se utilizó las normas NTP 400.012-ASTM C136/C33.

Se determina el procedimiento para realizar el tamizado de los agregados, el módulo de finura y el grafico de los límites máximos y mínimos tolerables. Para el agregado grueso el tamaño máximo es de 1".

**Tabla 22:** Curva granulometrica del agregado Grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	Agregado HUSO 57	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	14.0	0.11	0.11	99.89	95	100
3/4"	19.00	1482.0	12.19	12.30	87.70		
1/2"	12.50	5642.4	46.40	58.71	41.29	25	60
3/8"	9.50	2098.4	17.26	75.97	24.04		
Nº 4	4.75	2720.6	22.38	98.34	1.66	0	10
Nº 8	2.36	134.1	1.10	99.44	0.56	0	5



**Tabla 23 :** Contenido de Humedad del agregado grueso

Contenido de Humedad		
Peso natural :	4144.1	gr
Peso seco :	4121.9	gr
Contenido de Humedad	0.54	%

Elaboración: el autor

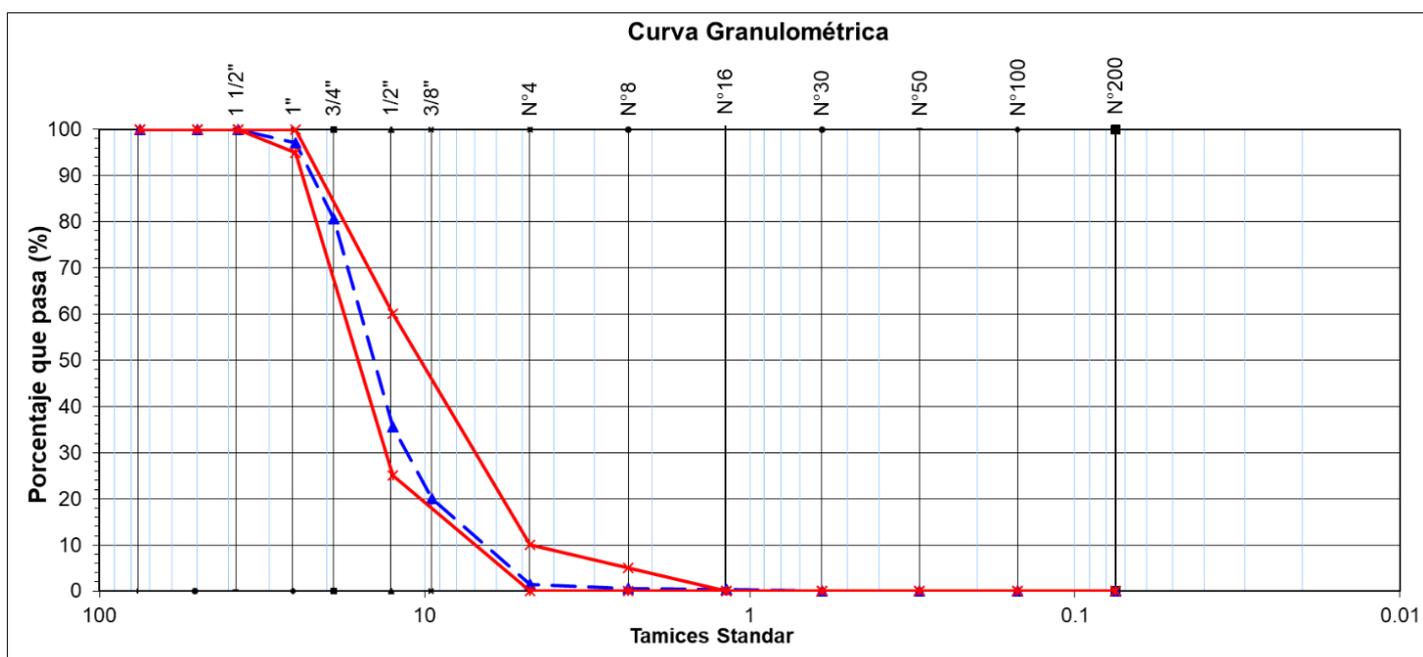
## II. Agregado Grueso con 20% de agregado Reciclado

- **Granulometría**

**Tabla 24:** Analisis granulometrico del agregado grueso con 20% de agregado reciclado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	Agregado HUSO 57	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	350.2	2.88	2.88	97.12	95	100
3/4"	19.00	2006.3	16.50	19.38	80.62		
1/2"	12.50	5477.7	45.05	64.43	35.57	25	60
3/8"	9.50	1878.1	15.45	79.88	20.12		
Nº 4	4.75	2265.7	18.63	98.51	1.49	0	10
Nº 8	2.36	112.8	0.93	99.44	0.56	0	5
Nº 16	1.18	26.5	0.22	99.66	0.34	0	0
Nº 30	0.60	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0
Nº 50	0.30	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0
Nº 100	0.15	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0
Nº 200	0.08	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0
Fondo	0.00	41.3	0.34	100.00	0.00	0	0
<b>Total</b>		12159.2	100.000	<b>M.F</b>	<b>6.96</b>		

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 37:** Curva granulométrica del agregado grueso con 20% de agregado reciclado

Elaboración: el autor

- **Contenido de Humedad**

Se obtiene el contenido de humedad, restando el peso del agregado al aire libre con el peso del agregado seco en el horno.

**Tabla 25:** Contenido de Humedad del agregado grueso con 20% de agregado reciclado

Contenido de Humedad		
Peso natural :	4142.8	gr
Peso seco :	4122.1	gr
Contenido de Humedad	0.50	%

Elaboración: el autor

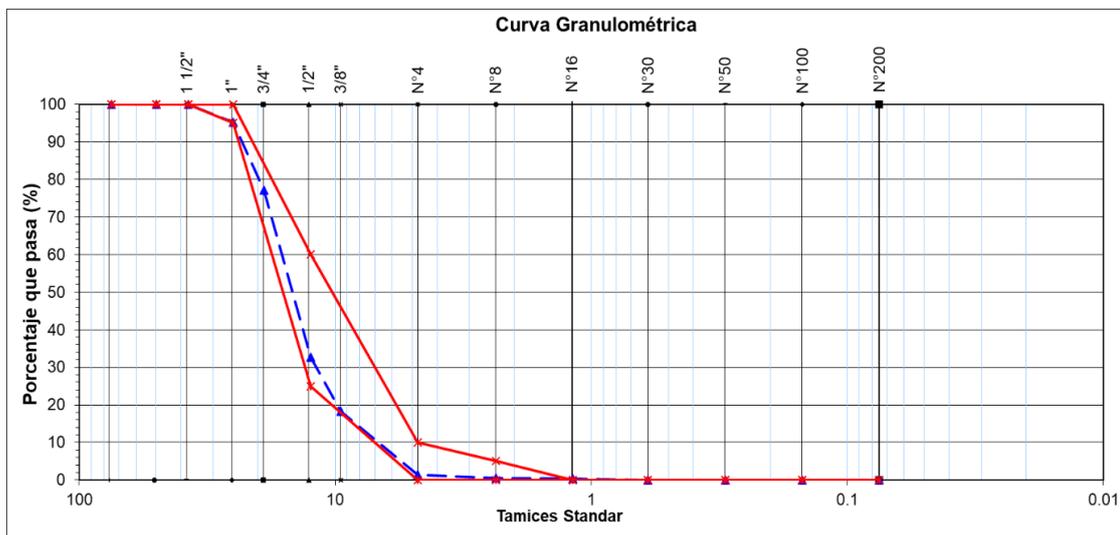
### III. Agregado Grueso con 30% de agregado Reciclado

- **Granulometría**

**Tabla 26:** Analisis granulometrico del agregado grueso con 30% de agregado reciclado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	Agregado HUSO 57	
						Mínimo	Máximo
<b>3"</b>	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>2"</b>	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>1 1/2"</b>	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
<b>1"</b>	25.00	586.1	4.82	4.82	95.18	95	100
<b>3/4"</b>	19.00	2200.8	18.10	22.92	77.08		
<b>1/2"</b>	12.50	5395.0	44.37	67.29	32.71	25	60
<b>3/8"</b>	9.50	1767.9	14.54	81.83	18.17		
<b>Nº 4</b>	4.75	2038.7	16.77	98.60	1.40	0	10
<b>Nº 8</b>	2.36	102.5	0.84	99.44	0.56	0	5
<b>Nº 16</b>	1.18	25.4	0.21	99.65	0.35	0	0
<b>Nº 30</b>	0.60	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0
<b>Nº 50</b>	0.30	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0
<b>Nº 100</b>	0.15	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0
<b>Nº 200</b>	0.08	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0
<b>Fondo</b>	0.00	55.2	0.35	100.00	0.00	0	0
<b>Total</b>		12159.2	100.000	<b>M.F</b>	<b>7.02</b>		

Elaboración: el autor



**Figura 38:** Curva granulométrica del agregado grueso con 30% de agregado reciclado

**Elaboración:** el autor

- **Contenido de Humedad**

Se obtiene el contenido de humedad, restando el peso del agregado al aire libre con el peso del agregado seco en el horno.

**Tabla 27:** Contenido de Humedad del agregado grueso con 30% de agregado reciclado

Contenido de Humedad		
Peso natural :	4142.8	gr
Peso seco :	4122.1	gr
Contenido de Humedad	0.50	%

**Fuente:** Elaboración Propia

#### IV. Agregado Grueso con 40% de agregado Reciclado

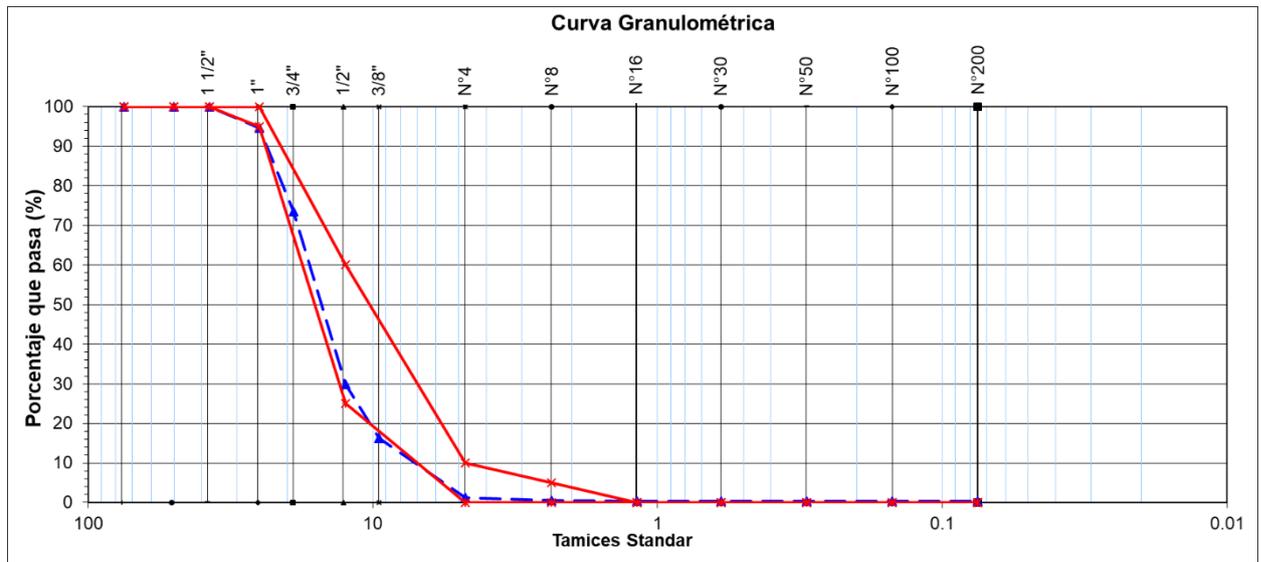
- **Granulometría**

**Tabla 28:** Analisis granulometrico del agregado grueso con 40% de agregado reciclado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57	
						Mínimo	Máximo
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	662.1	5.44	5.44	94.56	95	100
3/4"	19.00	2555.0	21.01	26.46	73.54		
1/2"	12.50	5312.9	43.69	70.15	29.85	25	60
3/8"	9.50	1658.9	13.64	83.80	16.21		
Nº 4	4.75	1811.4	14.90	98.69	1.31	0	10
Nº 8	2.36	90.6	0.75	99.44	0.56	0	5
Nº 16	1.18	23.7	0.19	99.63	0.37	0	0
Nº 30	0.60	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0
Nº 50	0.30	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0
Nº 100	0.15	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0
Nº 200	0.08	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0
Fondo	0.00	55.2	0.37	100.00	0.00	0	0
<b>Total</b>		12159.2	100.000	<b>M.F</b>	<b>7.07</b>		

Elaboración: el autor

**Figura 39:** Curva granulométrica del agregado grueso con 40% de agregado reciclado



Elaboración: el autor

- **Contenido de Humedad**

Se obtiene el contenido de humedad, restando el peso del agregado al aire libre con el peso del agregado seco en el horno.

**Tabla 29:** Contenido de Humedad del agregado grueso con 40% de agregado reciclado

Contenido de Humedad		
Peso natural :	4142.8	gr
Peso seco :	4122.1	gr
Contenido de Humedad	0.50	%

Elaboración: el autor

### 4.2.3 Diseño de Mezcla

Se establece la relación de materiales que se usará en el diseño de mezcla patrón y con agregados reciclado en 20%,30% y 40%.

En la investigación de este proyecto se utilizó la referencia de ACI 211.1 (Proporcionamiento de mezclas), este contiene un método de diseño de mezcla con consideraciones técnicas. Asimismo se tomó de referencia ACI 304(Bombeo de Concreto), en la cual se detalla la curva granulométrica de agregados finos y gruesos.

En el desarrollo de las distintas mezclas de concreto reciclado se determinó a comparar con 20%, 30, % y 40% de agregado reciclado según el siguiente cuadro:

**Tabla 30:** Tipos de concreto para el estudio comparativo de los distintos porcentajes de agregado grueso reciclado

Tipos de concreto a comparar por porcentaje de agregado grueso reciclado	
Diseño de mezcla N°1	Relación a/c=62, piedra Huso57, Slump de 6" a 8"
Diseño de mezcla N°2	Relación a/c=62, piedra Huso57, Slump de 6" a 8", Agregado grueso=20%
Diseño de mezcla N°3	Relación a/c=62, piedra Huso57, Slump de 6" a 8", Agregado grueso=30%
Diseño de mezcla N°4	Relación a/c=62, piedra Huso57, Slump de 6" a 8", Agregado grueso=40%

Elaboración: el autor

**A) Diseño de mezcla con agregado grueso reciclado en 20%,30% y 40%**

Los datos a emplear en cada diseño son los siguientes:

**Tabla 31:** Insumos a usar en los diseños de mezcla

Agregados			
Tipo de Agregado	Arena Fina	Agregado Grueso	Agregado reciclado
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco(Kg/m <sup>3</sup> )	2650	2750	2600
Módulo de finura	2.56	6.89	7.02
Tamaño Máximo nominal	-	1"	1"
Porcentaje de Absorción (%)	0.58	0.98	3.3
Contenido de humedad (%)	0.9	0.54	0.5
Cemento			
Tipo	Cemento Nacional Tipo I		
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	3.12		
Agua			
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	1000		

Elaboración: el autor

Proporcionamiento de los diseños de mezclas

- a) **Elección del asentamiento:** Según las sugerencias por el Proporcionamiento de Mezclas ACI 211.1 (2002), el asentamiento se selecciona teniendo en cuenta que el concreto es para una concretera, se usó el rango de asentamiento de: 6" a 8"
- b) **Tamaño máximo nominal:** En este caso se escogió el tamaño máximo nominal de 1"
- c) **Contenido de agua:** Para escoger el contenido de agua se debe tener en cuenta la tabla de ACI 211.11 (2002), en la cual se escoge con relación al tamaño máximo nominal y al asentamiento. Para las mezclas se realizó con 190L/m<sup>3</sup> de agua.(Esta cantidad se halló interpolando la cantidad de agua para el intervalo de tamaño máximo nominal y asentamiento)

**d) Contenido de Aire:** Esta en relación a las condiciones de exposición y al tamaño máximo nominal del agregado grueso. En este caso se escogió 0.5% de aire atrapado.

**Tabla 32:** Contenido de aire según el tamaño máximo nominal

Contenido de Aire Atrapado	
Tamaño máximo nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Elaboración: el autor

**Relación agua/cemento (a/c):** Se determinó para los diseños la relación de a/c=0.62

**e) Contenido de Cemento:**

$$\text{Cemento} = \text{Agua} / 0.62$$

$$\text{Cemento} = 190 / 0.62$$

$$\text{Cemento} = 305 \text{ kg/m}^3$$

**f) Selección de agregado fino y grueso:** Según el código de ACI 304 (1999) para Bombeo de Concreto se establece que el porcentaje de agregado fino tiene que estar dentro del 40% y del 57% , y el valor referencial será de 48.5%.en una curva granulométrica de agregado fino y grueso. Según la combinación granulométrica para nuestra mezcla se consideró el porcentaje promedio de 48% par agregado fino y 52% para agregado grueso de H57.

**g) Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar los agregados**

$$\text{Cemento} = \frac{305}{3.12 \cdot 1000} = 0.0977756 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{190}{1000} = 0.190m^3$$

$$\text{Aire Atrapado} = \frac{0.5}{100} = 0.005m^3$$

$$\text{Aditivo Plastiment} = 305 * 0.50\% = 1.53 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aditivo Plastiment} = \frac{1.53}{305} = 0.009m^3$$

$$\text{Aditivo Sikament} = 305 * 1.00\% = 3.05 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aditivo Sikament} = \frac{3.05}{1210} = 0.0025$$

**Tabla 33:** Volúmenes de materiales sin considerar agregados

Material	Peso Específico(kg/m <sup>3</sup> )	Peso Saturado Superficialmente Seco(kg)	Volumen(m <sup>3</sup> )
Cemento	3040	305	0.0978
Agua	1000	190	0.19
Aire Atrapado	-	0.50%	0.005
Aditivo Plastiment	1700	1.53	0.0009
Aditivo Sikament	1210	3.05	0.0025
<b>TOTAL</b>			<b>0.2962</b>

Elaboración: el autor

#### **h) Cálculo del volumen del agregado fino y grueso**

$$\text{Volumen del Agregado fino y grueso} = 1 - 0.2962 = 0.7038$$

$$\text{Volumen de Agregado fino} = 0.7038 * 0.48 = 0.3378$$

$$\text{Volumen de Agregado grueso} = 0.7038 * 0.52 = 0.3660$$

#### **i) Cálculo en peso del agregado fino y grueso en estado saturado superficialmente seco.**

$$\text{Agregado fino} = 0.3378 * 2650 = 895.27 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.3660 * 2750 = 1006.47 \text{ kg/m}^3$$

Estos pasos se vuelven a realizar para las mezclas con 20%, 30% y 40% de agregado reciclado.

**j) Presentación del diseño en estado saturado superficialmente seco**

**Tabla 34:** Pesos para el diseño Patrón

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	190
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	895.27
<b>Agregado Grueso</b>	1006.47
<b>Aire atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2401.33</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 35:** Pesos para el diseño con 20% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	190
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	895.27
<b>Agregado Grueso</b>	805.18
<b>Agregado Grueso reciclado</b>	190.31
<b>Aire atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2390.35</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 36:** Pesos para el diseño con 30% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	305
Agua	190
Aditivo Plastiment	1.53
Aditivo Sikament	3.05
Agregado fino	895.27
Agregado Grueso	704.53
Agregado Grueso reciclado	285.47
Aire atrapado	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2384.86</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 37:** Pesos para el diseño con 40% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	305
Agua	190
Aditivo Plastiment	1.53
Aditivo Sikament	3.05
Agregado fino	895.27
Agregado Grueso	603.88
Agregado Grueso reciclado	380.63
Aire atrapado	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2379.37</b>

Elaboración: el autor

### k) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado Fino} = \left( \frac{0.90 - 0.58}{100} + 1 \right) * 865.27 = 898.13$$

$$\text{Agregado Grueso} = \left( \frac{0.54 - 0.98}{100} + 1 \right) * 1006.47 = 1002.04$$

Se realiza esta misma corrección para los otros diseños de mezclas

**Tabla 38:** Pesos corregidos por humedad en todos los diseños

Pesos Corregidos por Humedad			
	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agregado grueso reciclado
Diseño 01 Patrón	898.13	1002.04	-
Diseño 02 con 20% reciclado	898.13	801.63	184.99
Diseño 03 con 30% reciclado	898.13	701.43	277.48
Diseño 04 con 40% reciclado	898.13	601.23	369.97

Elaboración: el autor

### l) Aporte de humedad de los Agregados

$$\text{Agregado Fino} = 0.90 - 0.58 = 0.32\%$$

$$\text{Agregado fino} = 898.13 * \left( \frac{0.32}{100} \right) = 2.87 \text{Lt}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.54 - 0.98 = -0.44\%$$

$$\text{Agregado grueso} = 1006.47 * \left( \frac{-0.44}{100} \right) = -4.43 \text{Lt}$$

$$\text{Cantidad Total} = 2.87 - 4.43 = -1.55 \text{ Lt}$$

Se realiza este mismo aporte de humedad para los otros diseños de mezclas

**Tabla 39:** Aporte humedad de los agregados en los tipos de diseños de mezclas

	Diseño 01 Patrón	Diseño 02 con 20% reciclado	Diseño 03 con 30% reciclado	Diseño 04 con 40% reciclado
<b>Agregado Fino</b>	2.87	2.87	2.87	2.87
<b>Agregado Grueso</b>	-4.43	-3.54	-3.10	-2.66
<b>Agregado grueso reciclado</b>	0.00	-5.33	-7.99	-10.66
<b>TOTAL ( Lt)</b>	<b>-1.55</b>	<b>-6.00</b>	<b>-8.22</b>	<b>-10.44</b>

**Elaboración:** el autor

**m) Agua de mezcla efectiva:**

**Agua Efectiva=**  $190-1.55=188.45$  Lt

Se realiza este paso para los otros tipos de mezclas

**Tabla 40:** Agua Efectiva en los diseños de mezclas

	Agua Efectiva(Lt)
<b>Diseño 01 Patrón</b>	188.45
<b>Diseño 02 con 20% reciclado</b>	184.00
<b>Diseño 03 con 30% reciclado</b>	181.78
<b>Diseño 04 con 40% reciclado</b>	179.56

**Elaboración:** el autor

n) Cantidad de materiales corregidas por humedad

**Tabla 41:** Cantidad de Materiales Corregidos para el diseño Patrón

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	188.45
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	898.13
<b>Agregado Grueso</b>	1002.04
<b>Aire atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2398.21</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 42:** Cantidad de Materiales Corregidos para el diseño con 20% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	184.00
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	898.13
<b>Agregado Grueso</b>	801.63
<b>Agregado Grueso Reciclado</b>	184.99
<b>Aire atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2378.34</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 43:** Cantidad de Materiales Corregidos para el diseño con 30% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	181.78
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	898.13
<b>Agregado Grueso</b>	701.43
<b>Agregado Grueso Reciclado</b>	277.48
<b>Aire atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2368.41</b>

Elaboración: el autor

**Tabla 44:** Cantidad de Materiales Corregidos para el diseño con 40% de agregado reciclado

<b>Material</b>	<b>Peso Saturado Superficialmente Seco(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	305
<b>Agua</b>	179.56
<b>Aditivo Plastiment</b>	1.53
<b>Aditivo Sikament</b>	3.05
<b>Agregado fino</b>	898.13
<b>Agregado Grueso</b>	601.23
<b>Agregado Grueso reciclado</b>	369.97
<b>Aire Atrapado</b>	0.50%
<b>TOTAL</b>	<b>2358.47</b>

Elaboración: el autor

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio representarán la parte más importante de la presente investigación, por lo que en el presente capítulo se muestra los valores, las tablas y los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad, tiempo de fragua y contenido de aire. Asimismo se buscó interpretar los resultados obtenidos.

#### 5.1 Análisis de los ensayos de Laboratorio

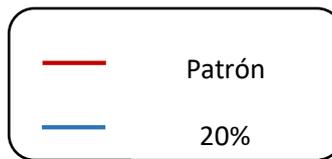
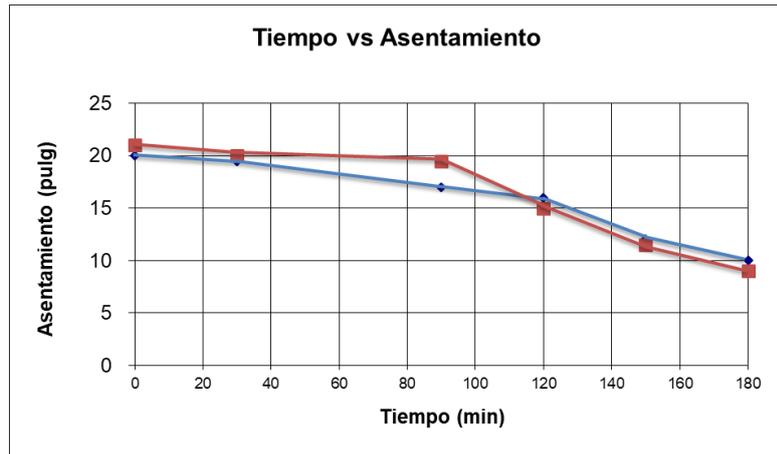
##### 5.1.1 Consistencia del concreto

En las siguientes tablas se muestra el asentamiento comparando cada diseño con el 20%, 30% y 40% de concreto reciclado

**Tabla 45:** Pérdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Pérdida de Asentamiento			
	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia
Tiempo(min)	Slump (cm)	Slump (cm)	$\Delta$ (cm)
0	21	20	1
30	20	19.5	0.5
90	19.5	17	2.5
120	15	16	-1
150	11.5	12	-0.5
180	9	10	-1

Elaboración: el autor



**Figura 40:** Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 20% de agregado reciclado

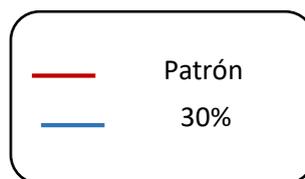
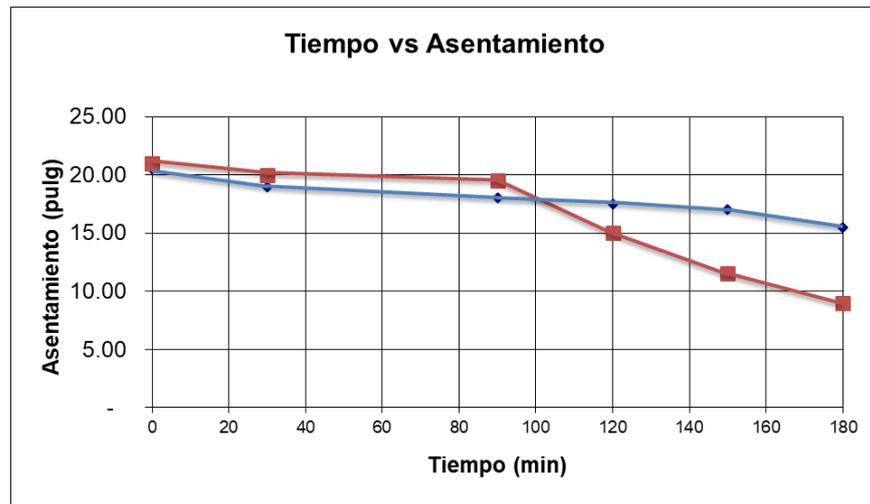
Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 45 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, tiene 1 cm menos de asentamiento con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es un poco menos trabajable.

**Tabla 46:** Pérdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Pérdida de Asentamiento			
	Diseño Patrón	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia
Tiempo(min)	Slump(cm)	Slump(cm)	$\Delta$ (cm)
0	21	20.5	0.5
30	20	19	1.0
90	19.5	18	1.5
120	15	17.5	-2.5
150	11.5	17	-5.5
180	9	15.5	-6.5

Elaboración: el autor



**Figura 41:** Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 30% de agregado reciclado

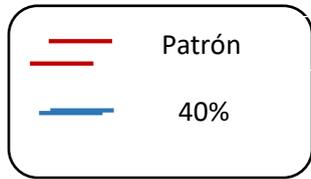
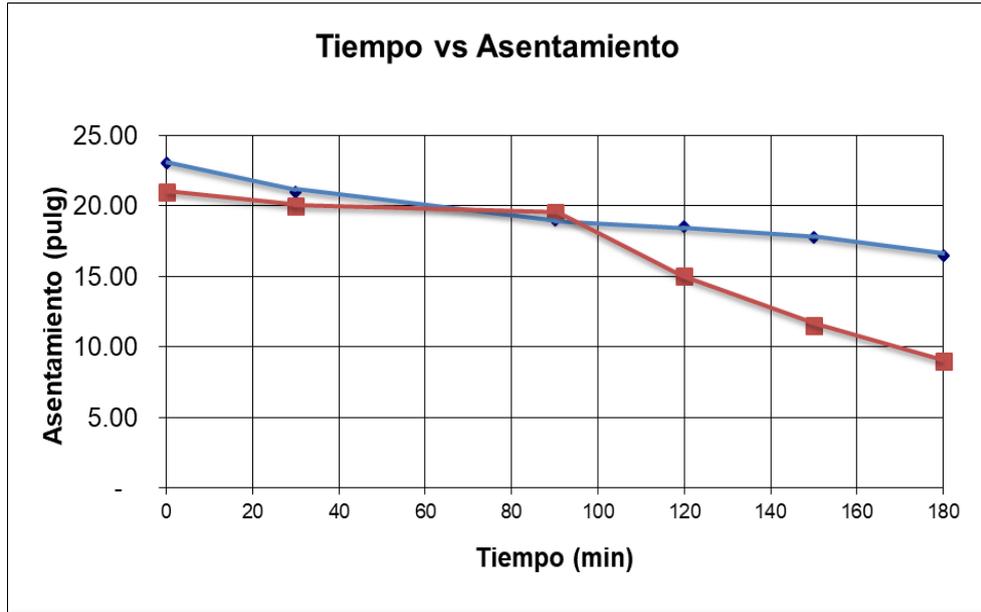
Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 46 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, tiene 0.5 cm menos de asentamiento con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es un poco menos trabajable.

**Tabla 47:** Pérdida de Asentamiento de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

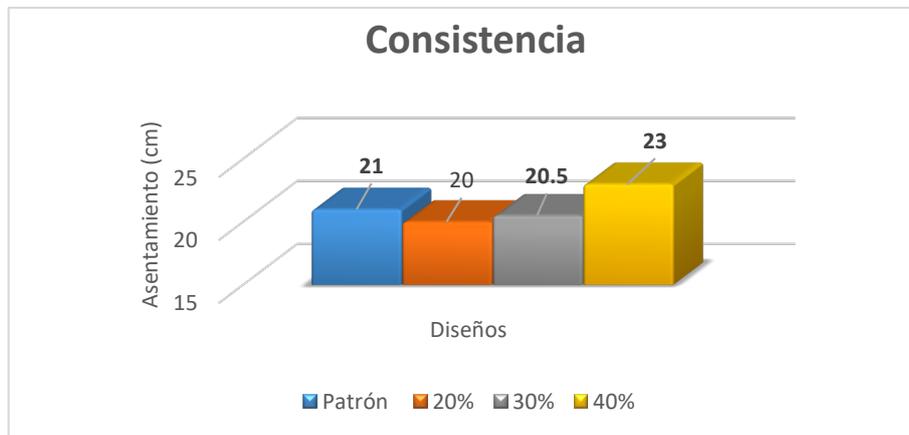
Pérdida de Asentamiento			
	Diseño Patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia
Tiempo(min)	Slump(cm)	Slump(cm)	$\Delta$ (cm)
0	21	23	-2
30	20	21	-1
90	19.5	19	0.5
120	15	18.5	-3.5
150	11.5	17.75	-6.25
180	9	16.5	-7.5

Elaboración: el autor



**Figura 42:** Comparación de trabajabilidad entre concreto patrón y concreto con 40% de agregado reciclado  
 Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 47 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, tiene 2 cm de mayor asentamiento con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es más trabajable.



**Figura 43:** Comparación de la consistencia de los 4 diseños  
 Elaboración: el autor

### 5.1.2 Contenido de Aire

En las siguientes tablas se muestran el contenido de aire comparando el diseño patrón con el 20%,30%,40% de agregado reciclado

**Tabla 48:** Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Contenido de Aire			
	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
<b>% Aire</b>	1.7	2.4	-0.7

Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N°48 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, presenta un contenido de aire de 0.7% mayor con respecto al concreto patrón: Por lo que se infiere que es más poroso.

**Tabla 49:** Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Contenido de Aire			
	Diseño Patron	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
<b>% Aire</b>	1.7	2.1	-0.4

Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 49 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, presenta un contenido de aire de 0.4% mayor con respecto al concreto patrón: Por lo que se infiere que es más poroso.

**Tabla 50:** Contenido de aire de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

Contenido de Aire			
	Diseño Patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)

% Aire	1.7	1.1	0.6
--------	-----	-----	-----

Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la Tabla N°50 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, presenta un contenido de aire de 0.6% menor con respecto al concreto patrón: Por lo que se infiere que es menos poroso.

### 5.1.3 Temperatura Inicial del Concreto

En las siguientes tablas se muestran la temperatura inicial comparando el diseño patrón con el 20%,30% y 40% de agregado reciclado

**Tabla 51:** Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Temperatura del Concreto			
	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
T(°C)	20.5	20.6	-0.1

Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la tabla N° 51 se interpreta que la temperatura inicial del concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, es 0.5% mayor respecto al concreto patrón.

**Tabla 52:** Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Temperatura del Concreto			
	Diseño Patrón	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
T(°C)	20.5	20.9	-0.4

Elaboración: el autor

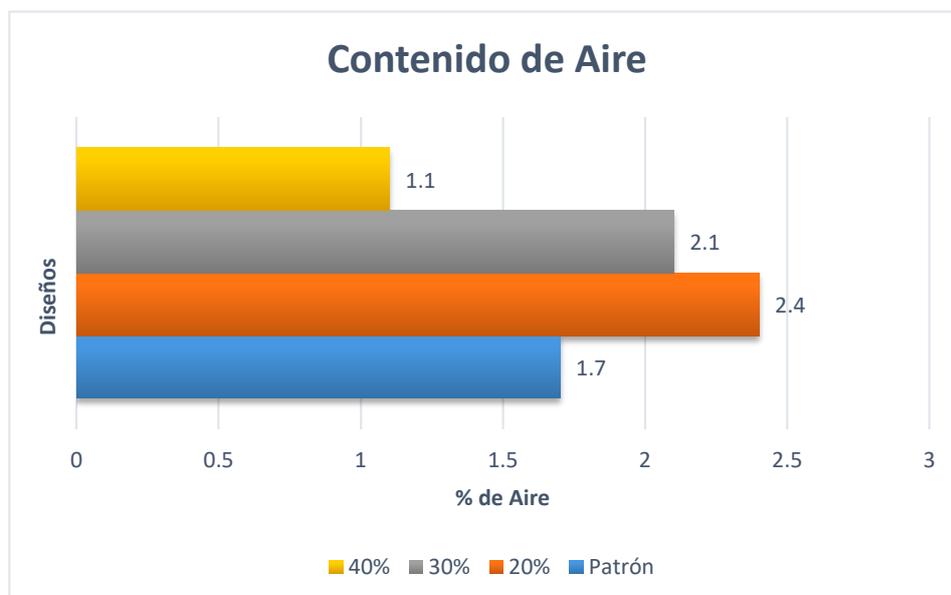
**Interpretación:** En la tabla N° 52 se interpreta que la temperatura inicial del concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, es 1.95% mayor respecto al concreto patrón.,

**Tabla 53:** Temperatura Inicial de diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

Temperatura del Concreto			
	Diseño Patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
T(°C)	20.5	2.1	-0.5

Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la tabla N° 53 se interpreta que la temperatura inicial del concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, es 1.95% menor respecto al concreto patrón.,



**Figura 44:** Comparación de contenido de Aire de los 4 diseños

Elaboración: el autor

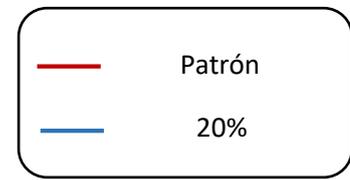
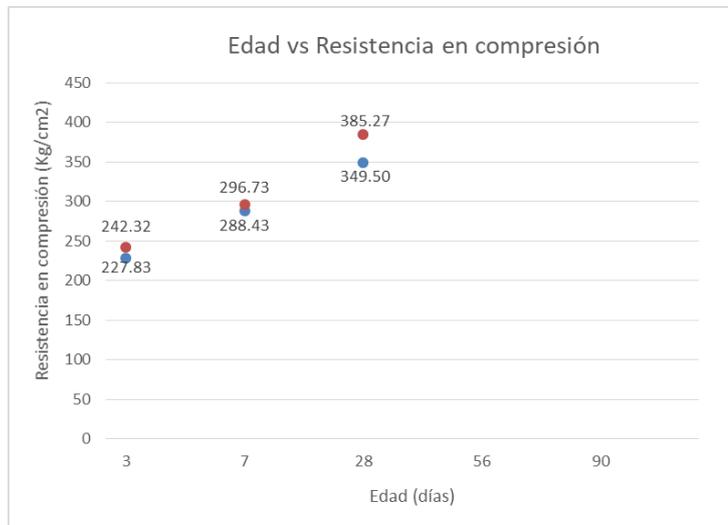
#### 5.1.4 Resistencia a la Compresión

En las siguientes tablas se muestran la resistencia a la compresión comparando el diseño patrón con el 20%,30% y 40% de agregado reciclado

**Tabla 54:** Resistencia a la compresión patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Resistencia a la Compresión			
	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
3	242.32	227.83	14.49
7	296.73	288.43	8.3
8	385.27	349.5	35.77

Elaboración: el autor



**Figura 45:** Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 20% de agregado reciclado

Elaboración: el autor

**Interpretación 1:** En la tabla N°54 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, a la edad de 3 días tiene una resistencia a compresión menor de 14.49 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

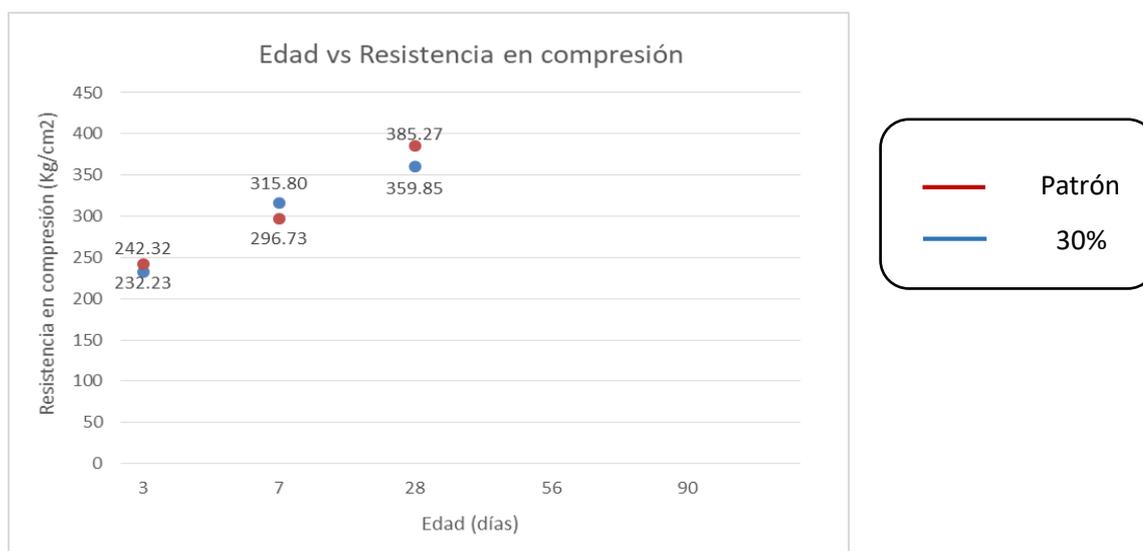
**Interpretación 2:** En la tabla N° 54 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, a la edad de 3 días tiene una resistencia a compresión menor de 8.3 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

**Interpretación 3:** En la tabla N° 54 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado reciclado, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 3 días tiene una resistencia a compresión menor de 35.77 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

**Tabla 55:** Resistencia a la compresión patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Resistencia a la Compresión			
	Diseño Patrón	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia Δ(cm)
Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	Δ(Kg/cm <sup>2</sup> )
3	242.32	232.23	10.09
7	296.73	315.8	-19.07
28	385.27	359.85	25.42

Elaboración: el autor



**Figura 46:** Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 30% de agregado reciclado

Elaboración: el autor

**Interpretación1:** En la tabla N° 55 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 3 días tiene una resistencia a compresión menor de 10.09 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

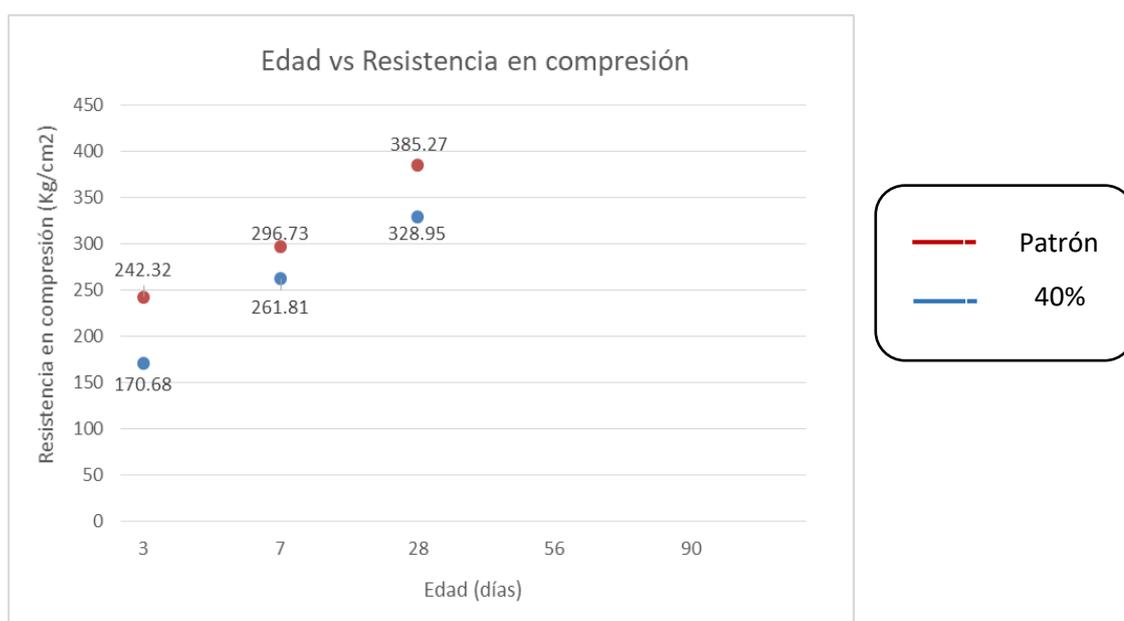
**Interpretación 2:** En la tabla N° 55 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 7 días tiene una resistencia a compresión mayor 19.07 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es más resistente.

**Interpretación 3:** En la tabla N° 55 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 28 días tiene una resistencia a compresión menor de 25.42 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

**Tabla 56:** Resistencia a la compresión patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

Resistencia a la Compresión			
	Diseño Patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
3	242.32	170.68	71.64
7	296.73	261.81	34.92
28	385.27	328.95	56.32

Elaboración: el autor



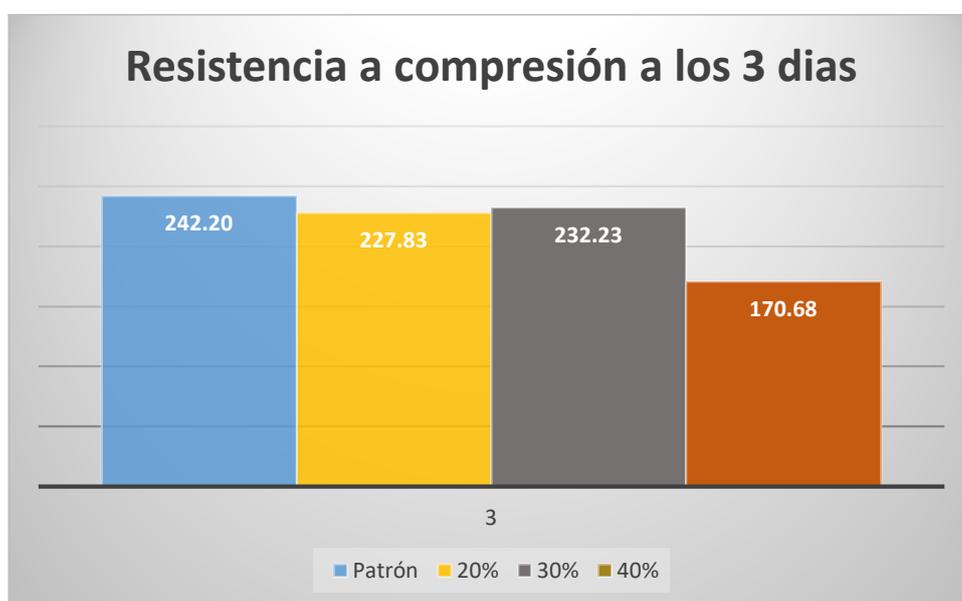
**Figura 47:** Comparación de resistencia a la compresión entre concreto patrón y concreto con 40% de agregado reciclado

**Elaboración:** el autor

**Interpretación1:** En la tabla N°56 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 3 días tiene una resistencia a compresión menor de 71.64 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

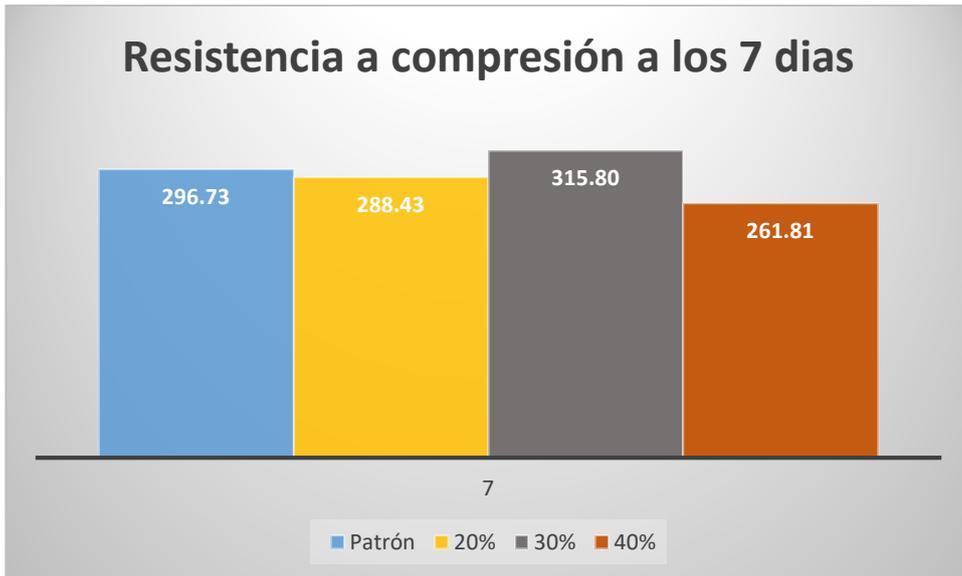
**Interpretación 2:** En la tabla N°56 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado a la edad de 7 días tiene una resistencia a compresión menor de 32.94 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.

**Interpretación 3:** En la tabla N°56 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, a la edad de 28 días tiene una resistencia a compresión menor de 56.32 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente.



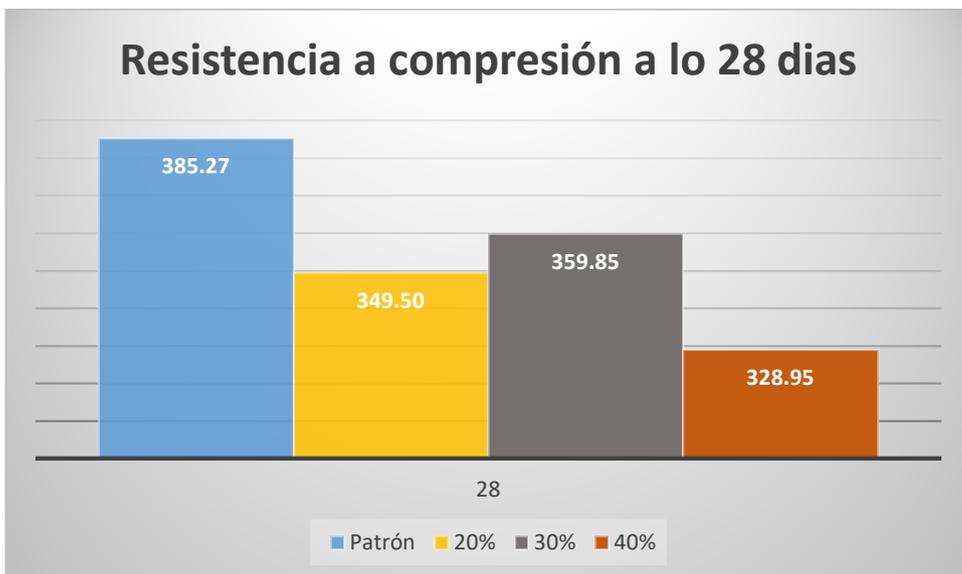
**Figura 48:** Comparación de resistencia a compresión a los 3 días de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor



**Figura 49:** Comparación de resistencia a compresión a los 7 días de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor



**Figura 50:** Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor

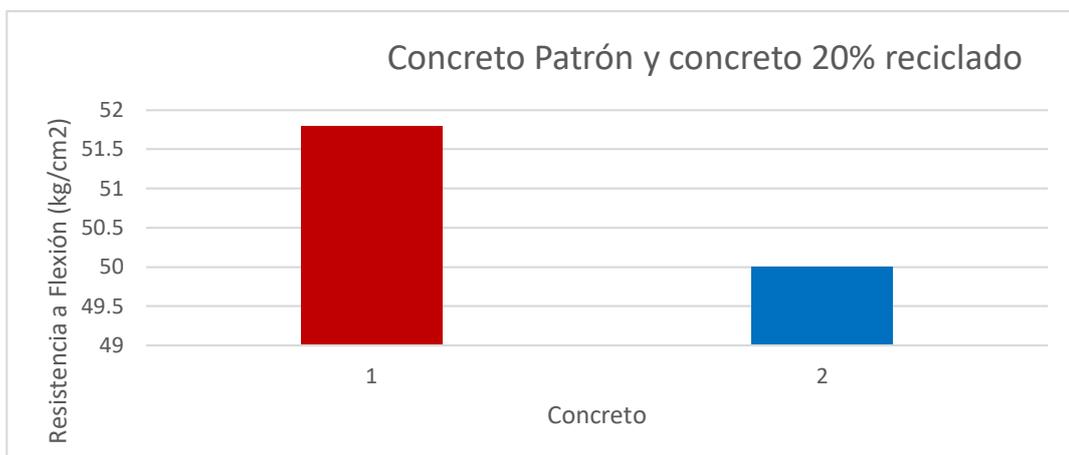
### 5.1.5 Resistencia a la Flexión

En las siguientes tablas se muestran la resistencia a la flexión comparando el diseño patrón con el 20%,30% y 40% de agregado reciclado

**Tabla 57:** Resistencia a la flexión patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Resistencia a la Flexión			
	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
28	51.79	50	1.79

Elaboración: el autor



**Figura 51:** Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto Patrón y Concreto con 20% de Agregado reciclado

Elaboración: el autor

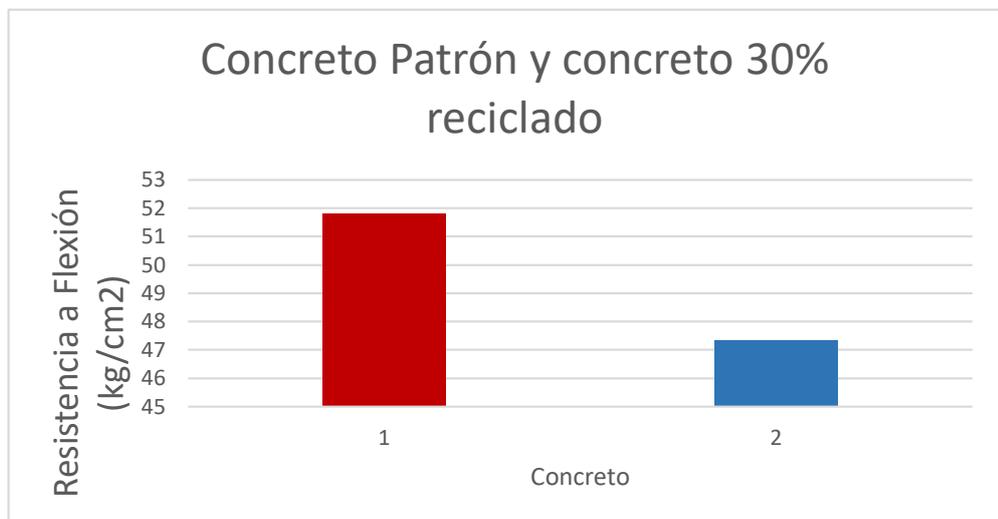
**Interpretación:** En la tabla N°57 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado tiene 1.79 kg/cm<sup>2</sup> menos resistencia a flexión con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente a flexión.

**Tabla 58:** Resistencia a la flexión patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Resistencia a la Flexión			
	Diseño Patrón	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
	51.		

Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	Δ(Kg/cm <sup>2</sup> )
28	51.79	47.35	4.44

Elaboración: el autor



**Figura 52:** Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto Patrón y Concreto con 30% de Agregado reciclado

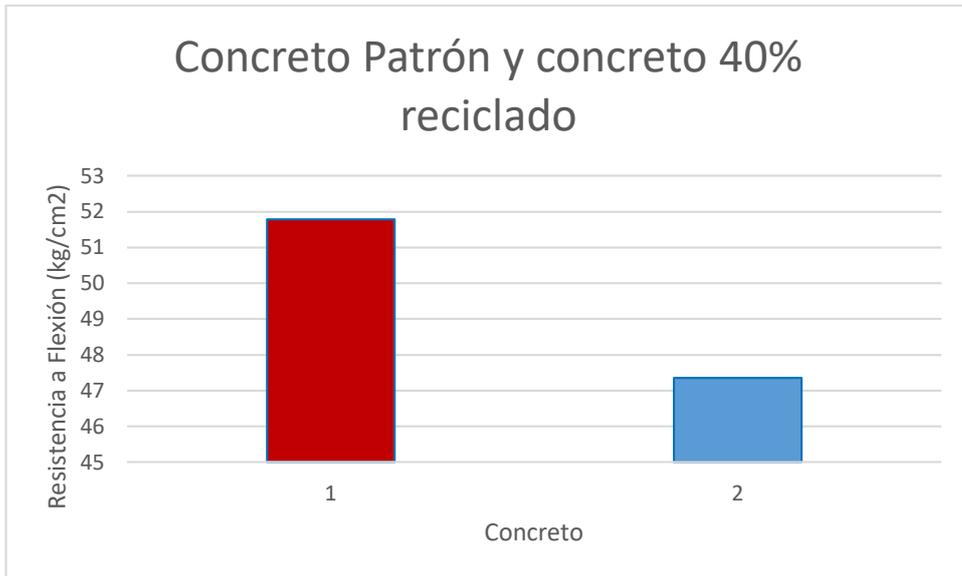
Elaboración: el autor

**Interpretación:** En la tabla N° 58 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado tiene 4.44 kg/cm<sup>2</sup> menos resistencia a flexión con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente a flexión.

**.Tabla 59:** Resistencia a la flexión patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

Resistencia a la Flexión			
	Diseño Patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia Δ(cm)
Edad(días)	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Promedio(kg/cm <sup>2</sup> )	Δ(Kg/cm <sup>2</sup> )
28	51.79	47.36	4.43

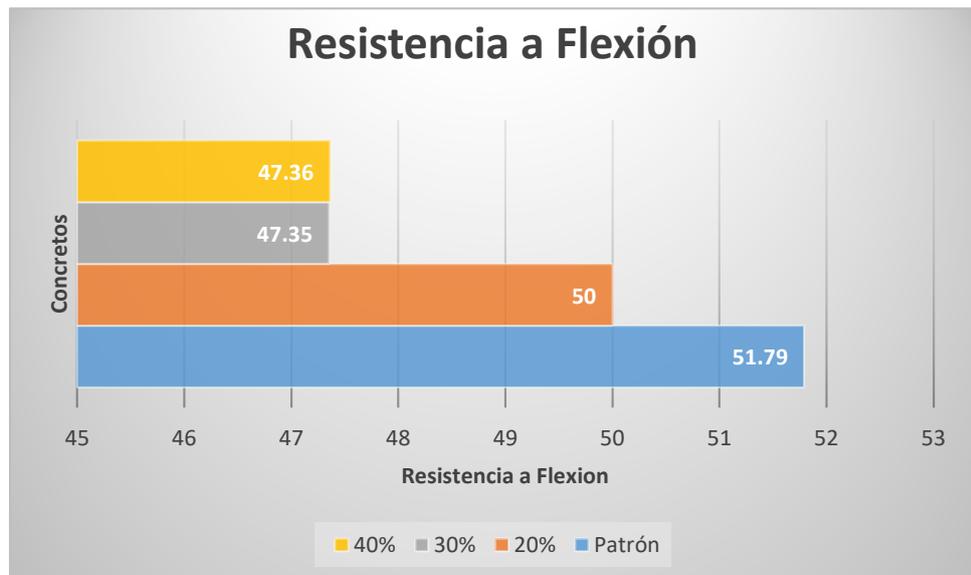
Elaboración: el autor



**Figura 53:** Comparación de Resistencia a Flexión entre concreto Patrón y Concreto con 40% de Agregado reciclado

**Elaboración:** el autor

**Interpretación:** En la tabla N° 59 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado tiene 4.43 kg/cm<sup>2</sup> menos resistencia a flexión con respecto al concreto patrón. Por lo que se infiere que es menos resistente a flexión.



**Figura 54:** Comparación de Resistencia a Flexión de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor

### 5.1.6 Fragua del concreto

En las siguientes tablas se muestran la fragua del concreto comparando el diseño patrón con el 20%,30% y 40% de agregado reciclado

**Tabla 60:** Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 20% de agregado reciclado

Fragua del concreto			
Fragua	Diseño Patrón	Diseño con 20% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Fragua Inicia(HH:MM)	11:03	11:55	00:52
Fragua Final(HH:MM)	13:19	14:10	00:51

**Elaboración:** el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 60 se interpreta que el concreto elaborado con 20% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado tarda 52 minutos más con respecto al concreto patrón en llegar al estado de tiempo de fragua final.

**Tabla 61:** Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 30% de agregado reciclado

Fragua del concreto			
Fragua	Diseño patrón	Diseño con 30% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Fragua Inicia(HH:MM)	11:03	11:36	00:33
Fragua Final(HH:MM)	13:19	14:09	00:50

**Elaboración:** el autor

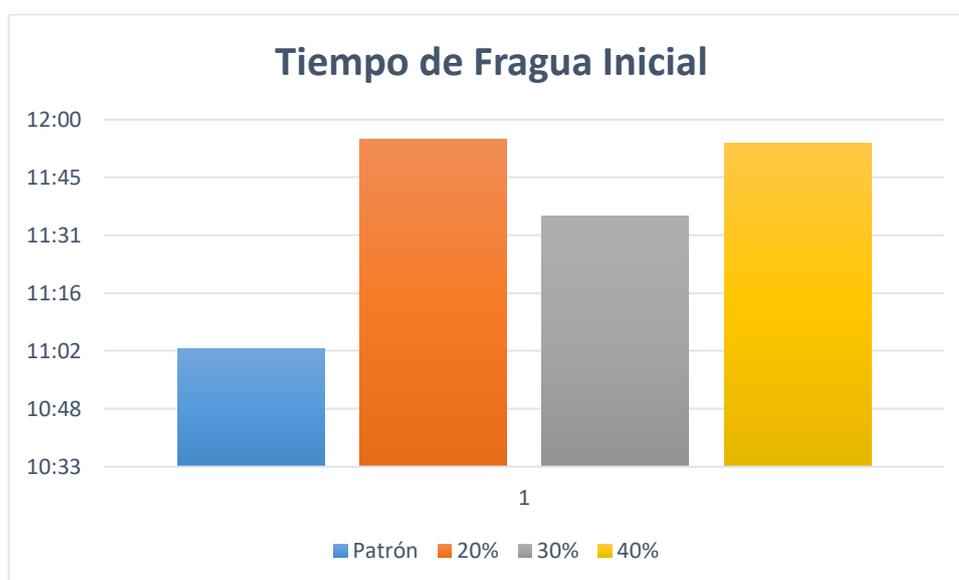
**Interpretación:** En la Tabla N°61 se interpreta que el concreto elaborado con 30% de agregado grueso, proveniente del concreto, reciclado tarda 33 minutos más con respecto al concreto patrón en llegar al estado de tiempo de fragua final.

**Tabla 62:** Fragua del concreto del diseño patrón y diseño con 40% de agregado reciclado

Fragua del concreto			
Fragua	Diseño patrón	Diseño con 40% de agregado reciclado	Diferencia $\Delta$ (cm)
Fragua Inicia(HH:MM)	11:03	11:54	00:51
Fragua Final(HH:MM)	13:19	14:17	00:58

**Elaboración:** el autor

**Interpretación:** En la Tabla N° 62 se interpreta que el concreto elaborado con 40% de agregado grueso, proveniente del concreto reciclado, tarda 51 minutos más con respecto al concreto patrón en llegar al estado de tiempo de fragua final.



**Figura 55:** Comparación de Tiempos de Fragua Inicial de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor



**Figura 56:** Comparación de Tiempos de Fragua Final de los 4 diseños

**Elaboración:** el autor

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se discutió las tablas, gráficas y resultados obtenidas en el capítulo V, así como también si las hipótesis tanto general como las específicas han sido verificadas con los ensayos realizados o de lo contrario si las hipótesis resultan ser nulas. Por otro lado analizaremos los antecedentes nacionales e internacionales para compararlos y discutirlos con los resultados obtenidos en el anterior capítulo.

#### **6.1 Contraste de la hipótesis**

##### **6.1.1 Hipótesis general**

###### **a) Hipótesis alterna (Ha)**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

###### **b) Hipótesis Nula (Ho)**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

##### **6.1.2 Hipótesis específicas**

###### **Hipótesis alterna 1 (H1)**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a compresión de un concreto.

### **Hipótesis Nula 1 (H<sub>0</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en la resistencia a compresión de un concreto.

### **Hipótesis alterna 2 (H<sub>2</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a la flexión de un concreto.

### **Hipótesis Nula 2 (H<sub>0</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en la resistencia a la flexión de un concreto.

### **Hipótesis alterna 3 (H<sub>3</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en el tiempo de fragua de un concreto.

### **Hipótesis Nula 3 (H<sub>0</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en el tiempo fragua de un concreto.

### **Hipótesis alterna 4 (H<sub>4</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la trabajabilidad de un concreto.

### **Hipótesis Nula 4 (H<sub>0</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en la trabajabilidad de un concreto.

### **Hipótesis alterna 5 (H<sub>5</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en el contenido de aire de un concreto.

### **Hipótesis Nula 5 (H<sub>0</sub>):**

El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye negativamente en el contenido de aire de un concreto.

### **6.1.3 Contrastación de Hipótesis general**

En razón a los resultados se puede concluir que en todos los ensayos el concreto patrón tuvo un mejor desempeño tanto físico como mecánico en relación al concreto elaborado con agregado grueso

proveniente del concreto reciclado, a excepción de la resistencia a compresión a la edad de 7 días en la que el concreto con agregado reciclado tuvo una mayor resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón. Sin embargo, se puede inferir que el agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, ya que todos los resultados superaron satisfactoriamente los requisitos y valores mínimos para los que el concreto fue diseñado, por lo tanto podemos concluir que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

#### **6.1.4 Contrastación de Hipótesis específicas**

##### **A) Consistencia Del Concreto**

- En la Tabla N° 45 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 4.8% menor respecto al concreto patrón. Sin embargo, está dentro de los parámetros del asentamiento fijado que es de 6" a 8", por lo que consideramos que tiene una trabajabilidad correcta, es por eso que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 46 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 2.4% menor respecto al concreto patrón. Sin embargo, está dentro de los parámetros del asentamiento fijado que es de 6" a 8", por lo que consideramos que tiene una trabajabilidad correcta, es por eso que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 47 se interpreta que el asentamiento inicial del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 9.5% mayor respecto al concreto patrón. Por lo que consideramos que tiene una trabajabilidad correcta; es por eso que se acepta la hipótesis alterna.

## **B) Contenido de Aire**

- En la Tabla N° 48 se interpreta que el contenido de aire del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 41% mayor respecto al concreto patrón; sin embargo, el porcentaje de aire contenido está dentro de los límites para una exposición blanda que son 1% a 4%, por lo que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 49 se interpreta que el contenido de aire del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 23.5% mayor respecto al concreto patrón; sin embargo, el porcentaje de aire contenido está dentro de los límites, para una exposición blanda que son 1% a 4%, por lo que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 50 se interpreta que el contenido de aire del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 35.2% mayor respecto al concreto patrón; sin embargo, el porcentaje de aire contenido está dentro de los límites, para una exposición blanda que son 1% a 4%, por lo que se acepta la hipótesis alterna.

## **C) Resistencia a la Compresión**

- En la tabla N° 54 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 3 días es 6% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado, en relación a la edad de la probeta. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 54 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 7 días es 2.8% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la

resistencia tiene un valor elevado, en relación a la edad de la probeta. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.

- En la tabla N° 54 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 9.2% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado, ya que supera la resistencia de  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$  para la que fue diseñada. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 55 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 3 días es 4.1% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado en relación a la edad de la probeta. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N°55 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 7 días es 6.4% mayor con respecto al concreto patrón. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 55 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 6.6% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado ya que supera la resistencia de  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$  para la que fue diseñada. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 56 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 3 días es 29.8% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado en relación a la edad de la probeta. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna

- En la tabla N°56 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 7 días es 11.8% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado en relación a la edad de la probeta. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 56 se interpreta que la resistencia a compresión del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 14.6% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado ya que supera la resistencia de  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$  para la que fue diseñada. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.

#### **D) Resistencia a la Flexión**

- En la tabla N° 57 se interpreta que la resistencia a flexión del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 3.5% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado teniendo en cuenta que la resistencia mínima para este concreto es de  $28\text{kg/cm}^2$  a  $34\text{kg/cm}^2$ . Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 58 se interpreta que la resistencia a flexión del concreto elaborado con 30% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 8.6% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado teniendo en cuenta que la resistencia mínima para este concreto es de  $28\text{kg/cm}^2$  a  $34\text{kg/cm}^2$ . Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.
- En la tabla N° 59 se interpreta que la resistencia a flexión del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado a la edad de 28 días es 8.6% menor con respecto al concreto patrón; sin embargo, la resistencia tiene un valor elevado teniendo en cuenta que la

resistencia mínima para este concreto es de 28kg/cm<sup>2</sup> a 34 kg/cm<sup>2</sup>. Es por eso, que se acepta la hipótesis alterna.

### **E) Tiempo de Fragua**

- En la Tabla N° 60 se interpreta que el tiempo de fragua del concreto elaborado con 20% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 9.1 % es mayor respecto al concreto patrón. Por lo que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 61 se interpreta que el tiempo de fragua del concreto elaborado con 30% de agregado grueso proveniente del concreto reciclado es 9% es mayor respecto al concreto patrón., Por lo que se acepta la hipótesis alterna.
- En la Tabla N° 62 se interpreta que el tiempo de fragua del concreto elaborado con 40% de agregado grueso reciclado proveniente del concreto reciclado es 10% es mayor respecto al concreto patrón., Por lo que se acepta la hipótesis alterna.

## **6.2 Contratación de los Antecedentes**

### **6.2.1 Discusión de Ponce C.P. (Lima 2014)**

Los resultados de la tesis de Ponce (2014) y la presente investigación fueron bastante similares a los de la presente investigación. Con lo que respecta al peso volumétrico el promedio de los pesos volumétricos de los tres diseños con agregado grueso proveniente del concreto reciclado, fueron iguales a la de la muestra patrón. Ponce nos relata que el tiempo de fragua fue mayor al igual que la exudación, mismo resultado que se encuentra en la presente tesis, con la diferencia que el concreto reciclado de Ponce presenta menor trabajabilidad, y en el promedio de los tres diseños con agregado reciclado nos da una similar trabajabilidad que el concreto patrón. Podemos deducir que nuestro concreto no perdió demasiada trabajabilidad ya que a comparación del concreto de Ponce, a nuestros diseños se le aplicó aditivos como plastiment y sikaplast. El promedio de resistencia a presión de los tres diseños fue un 10% menor que la del concreto patrón, siendo el resultado parecido al de Ponce, con 15%

menos resistencia a la compresión. La tesis de Ponce determina que los resultados fueron parecidos al de los de la presente tesis.

### **6.2.2 Discusión de Anicama G.A. (Lima 2010)**

Según los resultados de la presente investigación, actualmente hay muchos estudios sobre los residuos sólidos, clasificación, y composición. En conclusión, con ese estudio los relaves mineros pueden llegar a ser industrializados para descubrir y lograr reutilizar una parte de los compuestos que se encuentran en dichos relaves, dando normativas, políticas y limitaciones para la realización del reciclaje.

### **6.2.3 Discusión de Anquise, S.E. (Tacna 2015)**

En los resultados de Anquise, correspondiente al concreto diseñado a 280 kg/cm<sup>2</sup> se relata que se encontró asentamiento desde 1" a 8.5", mientras que los asentamientos de esta tesis fueron de 6" a 8", estos se puede explicar ya que, en el diseño de mezcla de Anquise se usaron distintos valores de la relación agua – cemento, mientras que en esta tesis solo se trabajó con una relación de agua – cemento que fue 0.62. En lo que respecta al peso Volumétrico del concreto con agregado reciclado, en ambos casos no tuvo un cambio significativo con respecto al concreto patrón. El mismo caso ocurre con el rendimiento del concreto.

En lo que respecta al contenido de aire, Anquise afirma que el concreto con agregado de RCD presentar un menor contenido de aire. En la presente tesis solo el diseño con 40% de remplazo tuvo un contenido de aire menor, mientras que los diseños de 20% y 30% tuvieron un mayor contenido de aire. Por lo que se infiere que en los resultados de contenido de aire no es influyente el agregado reciclado. Para Anquise el tiempo de Fragua con agregados reciclados fue menor; sin embargo, en la presente tesis obtuvimos que en los tres diseños el tiempo de fragua fue mayor, por lo que se concluye que la adición de aditivos como *Plastiment* y *Sikament* influyen en el tiempo de fragua.

Para la resistencia a compresión los resultados fueron muy cambiantes ya que para un porcentaje de 0% obtuvo una alta resistencia al igual que con 50% y 100% de reemplazo y el de menor resistencia fue el de

20% de reemplazo, y en esta tesis los tres diseños obtuvieron una resistencia más baja que el concreto patrón, por lo que podemos concluir que en la tesis de Anquise influyó mucho la relación a/c para determinar la resistencia a compresión. En la resistencia a flexión, los diseños de Anquise se vieron muy influenciados por la consistencia del concreto, determinando así el rango de flexión y para la presente tesis los tres diseños de mezcla realizados resultaron más bajos que el concreto patrón, concluyendo que para otra consistencia se puede obtener un rango de flexión más elevado.

#### **6.2.4 Discusión de Sumar, J.C (Lima 2016)**

Los resultados de Sumari se asemejan mucho a los resultados de la presente tesis en lo que respecta a absorción de los agregados gruesos siendo de 867% en la tesis de Sumari y 337% en la presente tesis y a pesos específico siendo 10.9% y 5.5% en la presente tesis. En lo que respecta al promedio de resistencia a compresión, la Tesis de Sumari es 6.5% menor con respecto al concreto patrón, y en la presente tesis el promedio de resistencia de los 3 diseños fue 10% menor que la muestra patrón. En la tesis cuestionada se observó la disminución promedio del peso volumétrico en 5% con respecto al concreto patrón, en cambio en nuestro ensayo la disminución fue mínima, por lo que se puede concluir que el agregado grueso reciclado tuvo un mayor módulo de finura.

#### **6.2.5 Discusión de Rengifo, M.D. (Tarapoto 2017)**

En la investigación de Rengifo se realizaron dos diseños, el primero con agregado fino reciclado y agregado grueso reciclado, y el segundo diseño con agregado fino reciclado y agregado grueso de cantera. Del primer diseño con agregados reciclados se obtuvo una resistencia de 58.2% menor a la compresión; sin embargo, con el segundo diseño se obtuvo una resistencia satisfactoria, superando en 36.4% la resistencia del concreto Patrón. En la presente investigación los tres diseños fueron con agregado fino de cantera y agregado grueso reciclado de reemplazo y en todos los resultados de resistencia a compresión fueron de menor rango que el concreto patrón. La diferencia de resultados entre las dos investigaciones es muy amplia, el cambio aparentemente radica en la utilización del

agregado fino reciclado y agregado fino de cantera, lo cual provoca la diferencia de rangos en la resistencia a compresión.

#### **6.2.6 Discusión de Bojaca, R.N. (Bogota-2013)**

Bojaca realizó dos diseños de prueba de 20% y 40% de reemplazo de concreto con agregado reciclado por agregado natural, obteniendo resultados positivos. El reemplazo de 40% obtuvo una resistencia a compresión similar a la del concreto patrón; sin embargo, el concreto con 20% de reemplazo obtuvo una resistencia ligeramente superior, comparándolo con las muestras de la presente tesis nuestro diseño de 20% de reemplazo obtuvo una resistencia menor 9.2% con respecto al concreto patrón, mientras que diseño de 40% de reemplazo obtuvo un 14.6% menos resistencia respecto al concreto patrón. De estos resultados se concluyó que los diseños de Bojaca fueron de más alto rango debido a la relación a/c. Con lo que respecta a la resistencia a flexión el diseño con 40% de reemplazo de agregado reciclado de la tesis de Bojaca obtuvo una resistencia menor a la del concreto patrón, teniendo un resultado similar la muestra de 40% de agregado reciclado de la presente tesis. Por otro lado, la muestra de 20% de reemplazo de Bojaca fue similar a la de la muestra patrón, al igual que la resistencia a flexión del diseño de 20% de reemplazo de la presente investigación que fue parecido a la de la muestra patrón.

#### **6.2.7 Discusión de Agreda S. & Moncada M. (Bogotá 2015)**

En la investigación de Agreda y Moncada se realizaron 3 diseños de prueba con 25%, 50% y 70% de reemplazo de agregado grueso reciclado para un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>, sometiéndolos a esfuerzos de compresión, obteniendo que los tres diseños tuvieron resultados iguales o superiores al concreto patrón; sin embargo, se encontró que el diseño de 70% de reemplazo de agregado grueso reciclado fue el que mejor resultado obtuvo con 8% de mayor resistencia a compresión que el concreto patrón. Para el caso de la presente investigación se obtuvo que de los diseños con 20%, 30% y 40%, el que mayor resistencia a compresión obtuvo, fue el diseño con 30% de agregado grueso reciclado de reemplazo, pero sin sobrepasar la resistencia del concreto patrón. Por otro lado, el diseño de

Agreda y Moncada que mejor resistencia a la flexión obtuvo fue el de 70% de agregado grueso reciclado a diferencia de la presente tesis, ya que el diseño que mejor resistencia a la flexión obtuvo fue el de 20% de reemplazo de agregado reciclado. Se puede concluir que la diferencia radica en la relación agua – cemento y en la calidad de agregado grueso reciclado. Asimismo, se notó que el concreto con 25% y 70% de reemplazo obtuvieron un asentamiento bajo, a diferencia del diseño de la presente tesis que obtuvo similar asentamiento que el concreto patrón, esa diferencia radica en la absorción y contenido de humedad de los agregados gruesos reciclados.

#### **6.2.8 Discusión de Bedoya (Medellín - 2003)**

En la tesis de Bedoya compara el concreto convencional con el concreto con agregado reciclado desde el aspecto económico. Se sabe que el concreto reciclado puede hacer ahorrar 9800 millones de pesos anuales, esto tiene relación directa con nuestra investigación, y que se reafirma que el agregado grueso reciclado es económicamente viable que el agregado natural; por lo tanto, el concreto reciclado es mucho más barato que el concreto convencional, concluyendo así que el uso del concreto reciclado en obra, abarata en costos.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo referido sobre la resistencia a la compresión, podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan una resistencia elevada en relación a la edad de las probetas, siendo el diseño con 30% de reemplazo el que mayor carga soportó. Mientras que para una edad de 7 días el concreto con 30% de reemplazo presentó una resistencia a la compresión incluso mayor a la del concreto patrón teniendo un 9.5% de mayor resistencia. Asimismo para una edad de 28 días podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan una resistencia a la compresión mayor a 280 kg/cm<sup>3</sup> que es la resistencia requerida en el diseño, sin embargo el concreto que tenía de reemplazo 30% fue el que obtuvo la resistencia con los rangos más altos, por lo será el diseño con la resistencia a la compresión óptima.
2. Con respecto a la resistencia a flexión, después de realizar los ensayos a las vigas podemos aseverar que el concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado con 20%, 30% y 40% de reemplazo presentó un resistencia a la flexión menor de 3.5% 8.6% y 8.6% respectivamente en comparación al concreto patrón para una edad de 28 días. De los resultados podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan una resistencia elevada, ya que la resistencia mínima es de 10% a 12% la resistencia a compresión requerida ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ), que vendría a ser de 28 kg/cm<sup>2</sup> a 33.6

kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, se concluye que el diseño con 20% de reemplazo el que mayor carga soportó, vendría a ser el diseño óptimo para la resistencia a flexión.

3. En lo que concierne al tiempo de fragua, después de realizar los ensayos de penetración al concreto en estado fresco podemos aseverar que el concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado con 20%, 30% y 40% de reemplazo presentó un tiempo de fragua final mayor de 9.11% 9% y 10% respectivamente en comparación al concreto patrón. . De los resultados podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan un tiempo de fragua final muy parecido; sin embargo, el concreto que tenía de reemplazo 30% fue el que más se asemejó al concreto patrón, por lo que será el diseño con el tiempo de fragua óptimo.
4. De acuerdo a lo referido a la trabajabilidad, después de realizar los ensayos de asentamiento podemos aseverar que el concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado con 20% y 30% de reemplazo presenta un asentamiento menor de 4.8% y 2.4% respectivamente en comparación al concreto patrón y el concreto con 40% de reemplazo presenta un asentamiento mayor de 9.5% con respecto al concreto patrón. De los resultados podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan asentamiento dentro de 6 “ y 8” que es el asentamiento con que se diseñó; sin embargo, el concreto que tenía de reemplazo 30% fue el que más se asemejó al concreto patrón, por lo que será el diseño con la trabajabilidad óptima.
5. Con respecto al contenido de aire, después de realizar los ensayos podemos aseverar que el concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado con 20% y 30% de reemplazo presenta un contenido de aire mayor de 41% y 23.5% respectivamente en comparación al concreto patrón y el concreto con 40% de reemplazo presenta un asentamiento menor de 35.2% con respecto al concreto

patrón. De los resultados podemos concluir que los tres diseños con agregado grueso reciclado presentan contenido de aire dentro del 1% y 4% que es el parámetro que permite la norma; sin embargo, el concreto que tenía de reemplazo 30% fue el que más se semejó al concreto patrón, por lo que será el diseño con contenido de aire óptima.

## RECOMENDACIONES

1. Diseñar otra mezcla de concreto con diferente resistencia a la de 280 kg/cm<sup>2</sup> con agregado grueso proveniente del concreto reciclado, y comparar su desempeño con respecto al concreto patrón.
2. Diseñar otra mezcla de concreto con una relación de agua-cemento diferente, de preferencia de menor valor, así también se probaría el desempeño del concreto con un SLUMP más bajo.
3. Realizar el diseño con otros porcentajes de reemplazo más altos, de agregado reciclado por agregado natural.
4. Efectuar la extracción de agregado grueso reciclado, con algún tipo de maquinaria, que apresure y mejore el proceso de extracción de agregado reciclado.
5. Industrializar la fabricación de concreto elaborado con agregado proveniente reciclado, para así poder generar este tipo de concreto a mayor volumen.
6. Realizar un diseño con agregado fino y agregado grueso reciclado, y comparar el desempeño físico y mecánico con respecto a un diseño patrón.

7. Incentivar la fabricación de concreto elaborado con agregado grueso reciclado, promoviendo campañas y capacitaciones acerca del concreto reciclado.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Bibliográficas

Acevedo, D & Martínez V. (2017) Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “nacional” comparado con el concreto dosificado con cemento Sol (Trabajo de Grado) Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

Agreda Sotelo & Moncada Moreno (2015), Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados. Bogotá, Colombia.

Anquise Huayhua, S.E. (2015), Viabilidad del uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna. Tacna, Perú.

Bedoya Montoya, C.M. (2003), *El concreto reciclado con escombros como generador de Hábitats Urbanos Sostenibles*. Medellín, Colombia.

Bombeo de concreto ACI 304(1996).

Bryant M. & Celik O. (2002), Cartilla del Concreto. México: imcyc.

Ponce Portocarrero, C.P. (2014), Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento Portland tipo I. Lima, Perú

Proporcionamiento de Mezclas ACI 221.1 (2002)

Raúl Néstor, B. C. (2013), Propiedades mecánicas y de durabilidad de

concretos con agregado reciclado. Bogotá, Colombia.

Rengifo Candela, M.D. (2017), Influencia De La Calidad de Concreto Reciclado, en la Resistencia de un Pavimento Rígido, Jr. Sargento Lores, Distrito Morales – San Martín – 2017. Tarapoto – Perú.

Steven, H., Beatrix, K., William, C., & Jussara T. (2004). Diseño y Control de muestras de Concreto. Illinois, EEUU: Portland cement association

Sumari Rios, J.C. (2016), Estudio del Concreto de Mediana a Alta resistencia elaborando con residuos de concreto y cemento portland tipo I. Lima - Perú

### **Hemerográficas**

Norma ASTM C – 33, (2003).

NPT 334.009, (2005) Cementos Portland Requisitos.

NPT 339.127, (1998) Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NPT 400.012, (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

NPT 400.022, (2013). Método de ensayo normalizado para Peso específico y absorción del agregado fino

NPT.339.088, (2006) Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos

NTP 400.037, (2017). Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

## Electrónicas

Cita tomadas del Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento (MV, 2010) Recuperado de [http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/54%20E.060%20CONCRETO%20ARMADO%20DS%20N%C2%B0%20010-2009%20\(1\).pdf](http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/54%20E.060%20CONCRETO%20ARMADO%20DS%20N%C2%B0%20010-2009%20(1).pdf)

Cita tomadas del Ministerio del Ambiente (MA, 2018) Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>

Dávalos S. & Ordoñez C. (2011). Influencia de los nudos sobre resistencia en flexión estática en madera de tamaño estructural Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322011000500004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000500004)

El constructor Civil, (2010), Recuperado de <https://www.elconstructorcivil.com/2010/12/la-absorcion-de-los-agregados.html>.

Gerson Alfredo, A.A. (2010), Estudio experimental del empleo de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicos. Lima, Perú. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2554/ERAZO%20GONZALES%20NILO%20ELIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-generan-19-mil-toneladas-desmonte-dia-70-mar-rios-noticia-453274>

Mendoza J., A (2016). Análisis del proceso de costeo de la industria cementera Recuperado de <https://es.slideshare.net/JavierOlivoMendoza/anlisis-del-proceso-de-costeo-de-la-industria-cementera>

Nancy P. (2007). Química del cemento Recuperado de [https://llamados.ancap.com.uy/docs\\_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2011/REF%2029\\_2011%20%20%20FISCAL%20PLANTA%20\(MINAS\)/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/CURSO%20ABRIL%202007-2.PDF](https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2011/REF%2029_2011%20%20%20FISCAL%20PLANTA%20(MINAS)/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/CURSO%20ABRIL%202007-2.PDF)

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental citado por La Red de Comunicación Regional (RCR, 2018) Recuperado de <https://www.rcrperu.com/lima-tiene-184-puntos-criticos-usados-como-botaderos-basura/>

Organismo Mundial de la Salud (OMS, 2017) Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/detail/06-03-2017-the-cost-of-a-polluted-environment-1-7-million-child-deaths-a-year-says-who>.

## **ANEXOS**

	<b>Página</b>
ANEXO 01: Matriz de Consistencia	142
ANEXO 02: Cronograma de Actividades	145
ANEXO 03: Certificado de cemento	147
ANEXO 04: Resultados de agregados	149
ANEXO 05: Diseño de Mezcla	154
ANEXO 06: Fragua de los Concretos	159
ANEXO 07: Certificados de Calibración de los equipos de laboratorio	164
ANEXO 08: Panel Fotográfico	176

## **ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: PROPIEDADES FISICO Y MECANICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL CONCRETO RECICLADO

Elaborado por: Gianfranco Nestor Chumpitaz Ochoa

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Indices	Escala de Medición	Método
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físico y mecánicas de un concreto ?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso proveniente del concreto reciclado	Porcentaje de Agregado grueso proveniente del concreto reciclado	%	<b>Tipo de investigación</b> El tipo de investigación es Basica, ya que genera conocimiento al comparar la influencia de el agregado grueso reciclado y el agregado grueso natural en las propiedades físico y mecánicas del concreto
			<b>Variable dependiente:</b> Propiedades físico y mecánicas del concreto	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	%	
				Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	%	
				Ensayo de trabajabilidad	%	
				Ensayo de fragua (hh:mm)	%	
			Ensayo de contenido de aire (%)	%	Tiene un enfoque cuantitativo, ya que los valores de las variables son "números" (datos medibles)	
<b>Problema Especifico</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipótesis Especifica</b>				<b>Nivel de investigación</b>
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a compresión de un concreto?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a compresión de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a la compresión de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso reciclado	Porcentaje de Agregado grueso reciclado	%	La presente investigación es Descriptiva, porque describe los hechos observados durante el desarrollo de la investigación y también mide las propiedades físico y mecánicas del concreto con agregado grueso reciclado
			<b>Variable dependiente:</b> Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	%	
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a flexión de un concreto?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la resistencia a flexión de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la resistencia a flexión de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso reciclado	Porcentaje de Agregado grueso reciclado	%	<b>Diseño de la investigación</b> El diseño de la investigación es Experimental, ya que se estimulo de manera intencional la Variable independiente (Agregado grueso)
			<b>Variable dependiente:</b> Resistencia a la flexion	Ensayo de resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	%	
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el tiempo de fragua de un concreto?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el tiempo de fragua de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en el tiempo de fragua de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso reciclado	Porcentaje de Agregado grueso reciclado	%	<b>Muestra</b> Nuestra poblacion seria las mezclas de concreto en estado fresco y endurecido y Nuestra muestra viene a ser las probetas y las vigas que realizamos para los ensayos
			<b>Variable dependiente:</b> Fragua	Ensayo de trabajabilidad	%	
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la trabajabilidad de un concreto?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en la trabajabilidad de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en la trabajabilidad de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso reciclado	Porcentaje de Agregado grueso reciclado	%	<b>Equipos e instrumentos</b> Norma tecnica Peruana, ACI, ASTM, Graficos estadísticos, Encuestas, Equipos de laboratorio
			<b>Variable dependiente:</b> Trabajabilidad	Ensayo de fragua (hh:mm)	%	
¿Cómo influye el agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el contenido de aire de un concreto?	Determinar la influencia del agregado grueso proveniente del concreto reciclado en el contenido de aire de un concreto	El agregado grueso proveniente del concreto reciclado influye positivamente en el contenido de aire de un concreto	<b>Variable independiente:</b> Agregado grueso reciclado	Porcentaje de Agregado grueso reciclado	%	<b>Procedimiento</b> Los ensayos se realizaron en la empresa Mixercon
			<b>Variable dependiente:</b> Contenido de Aire	Ensayo de contenido de aire (%)	%	

**ANEXO 02: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**



**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE  
ENSAYOS DEL PROYECTO DE TESIS**

N°	ACTIVIDAD	FECHAS																
		9/9/17	11/9/17	15/9/17	16/9/17	17/9/17	18/9/17	20/9/17	21/9/17	22/9/17	25/9/17	29/9/17	20/10/17					
1	Selección de agregados (Arena y Piedra).	█																
2	Selección de agregados (agregado reciclado).		█	█														
3	Ensayo de Granulometría y malla#200			█														
4	Ensayo de Pesos Especificos y Absorción.				█													
5	Ensayo de Equivalente Arena, Impurezas Organicas y Sales.					█												
6	Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado.						█											
7	Selección de muestras del concreto para ensayos fisicos y quimicos en Laboratorio.							█										
8	Consolidación de resultados fisicos y quimicos de agregados.							█										
9	Desarrollo de Diseños de Mezcla por relación agua cemento según Proyecto de Tesis.								█									
10	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con la mezcla Patron, realizando ensayos de concreto según Proyecto de Tesis.									█								
11	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con porcentaje 20%, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de Tesis.										█							
12	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con porcentaje 30%, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de Tesis.											█						
13	Ejecución de diseño de mezclas en laboratorio con porcentaje 40%, realizando ensayos de concreto fresco según Proyecto de Tesis.												█					
14	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño patron													█				
15	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con porcentaje 20%													█				
16	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con porcentaje 30%													█				
17	Ensayo de rotura a compresión a 3 días del diseño con porcentaje 40%													█				
18	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño patron														█			
19	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con porcentaje 20%														█			
20	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con porcentaje 30%														█			
21	Ensayo de rotura a compresión a 7 días del diseño con porcentaje 40%														█			
22	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño patron															█		
23	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño patron																█	
24	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con porcentaje 20%																█	
25	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con porcentaje 20%																█	
26	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con porcentaje 30%																█	
27	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con porcentaje 30%																█	
28	Ensayo de rotura a compresión a 28 días del diseño con porcentaje 40%																█	
29	Ensayo de rotura a flexión a 28 días del diseño con porcentaje 40%																█	

**ANEXO 03: CERTIFICADO DE CEMENTO**

Ítem: 4.2.3 Agregado Grueso

			
CERTIFICADO DE CALIDAD			
TIPO DE CEMENTO: CEMENTO PORTLAND TIPO I		MES: 16 de Febrero 2019	
MARCA : CEMENTO NACIONAL			
ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADOS (%)	REQUISITOS NORMA NTP 334.009, ASTM C-150
<b>COMPOSICION QUÍMICA</b>			
DIÓXIDO DE SILICE (SiO <sub>2</sub> )	%	21.40	
ÓXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	5.20	
ÓXIDO DE FIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	3.35	
ÓXIDO DE CALCIO (CaO)	%	60.30	
ÓXIDO DE MAGNESIO (MgO)	%	0.90	Máx 6.00%
TRÍOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>3</sub> )	%	2.80	Máx 3.50%
OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)	%	0.72	
OXIDO DE SODIO (Na <sub>2</sub> O)	%	0.22	
PÉRDIDA AL FUEGO (LOI)	%	3.00	Máx 3.00%
<b>FASES MINERALOGICAS</b>			
SILICATO TRICÁLCICO (C <sub>3</sub> S)	%	50	
SILICATO DICÁLCICO (C <sub>2</sub> S)	%	14	
ALUMINATO TRICALCICO	%	7	
FERRO ALUMINATO TETRACÁLCICO	%	12	
<b>REQUERIMIENTOS QUIMICOS OPCIONALES</b>			
ÁLCALI EQUIVALENTE	%	0.68	
<b>ENSAYOS FISICOS</b>			
RETENIDO EN MALLA 325 (45um)	%	6.0	
SUPERFICIE ESPECÍFICA (BLAINE)	cm <sup>2</sup> /g	3960	Mín 2600
CONTENIDO DE AIRE	%	9	Máx 12
EXPANSIÓN AUTOCLAVE	%	0.02	Máx 0.80
DENSIDAD	g/cm <sup>3</sup>	3.04	
FRAGUADO VICAT INICIAL	min	122	Mín 45
FRAGUADO VICAT FINAL	min	280	Máx 375
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
24 Horas	Kg/cm <sup>2</sup>	140	
03 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	275	Mín 122
07 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	355	Mín 194
28 Días	Kg/cm <sup>2</sup>	445	
<b>REQUERIMIENTOS FISICOS OPCIONALES</b>			
FALSO FRAGUADO	min	74	
<b>CALOR DE HIDRATACIÓN</b>			
07 Días	Cal/g	84	
28 Días	Cal/g	94	
<b>RESISTENCIA A LOS SULFATOS</b>			
14 Días	%	0.03	
		  Ing. Javier Valdez Chambi CIP: 106749 Jefe de Control de Calidad	
<b>CONTROL DE CALIDAD</b>			

Nota: Los resultados de Resistencias a la compresión a 28 días y Calor de Hidratación corresponden al mes de Enero

## **ANEXO 04: RESULTADOS DE AGREGADOS**

Ítem: 4.2.1 Agregado fino

		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> <b>MIXERCON S.A.</b>						GCC-R-001		
<b>AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 20% : PIEDRA H57</b> NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012										
<b>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD</b>										
<b>Planta :</b> VILLA 2		<b>Fecha :</b> 13/09/19			<b>Hora:</b> 14:00 pm					
<b>Ubicación :</b> PAN.SUR KM 16.5 ASOC.LA CONCORDIA – VES		<b>Técnico :</b> Cueva Durand			<b>Responsable :</b> Ing. William Acevedo					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
<b>Identificación :</b> MUESTRA N° 01 - STOCK		<b>Peso natural :</b> 4142.8 gr								
<b>Procedencia :</b> LURIN		<b>Peso seco :</b> 4122.1 gr								
<b>Proveedor :</b> AGREXA		<b>Peso seco lavado :</b> 4083.3 gr								
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo			
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	<b>Características Físicas</b>		
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	6.96	-
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat.< Malla 200	0.94	%
1"	25.00	350.2	2.88	2.88	97.12	95	100	Contenido de Humedad	0.50	%
3/4"	19.00	2006.3	16.50	19.38	80.62			Peso Especifico SSS		gr/cm <sup>3</sup>
1/2"	12.50	5477.7	45.05	64.43	35.57	25	60	Absorción		%
3/8"	9.50	1878.1	15.45	79.88	20.12			Peso Unitario Suelto		kg/m <sup>3</sup>
N° 4	4.75	2265.7	18.63	98.51	1.49	0	10	Peso U.Compactado		kg/m <sup>3</sup>
N° 8	2.36	112.8	0.93	99.44	0.56	0	5	Cont. Chatas y alargadas		%
N° 16	1.18	26.5	0.22	99.66	0.34	0	0	<b>Características Químicas</b>		
N° 30	0.60	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0	Equivalente Arena		%
N° 50	0.30	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0	N° Impurezas organicas		-
N° 100	0.15	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 200	0.08	0.0	0.00	99.66	0.00	0	0	12158.7		
Fondo	0.00	41.3	0.34	100.00	0.00	0	0			
Total		12159.2	100.000	M.F	6.96					

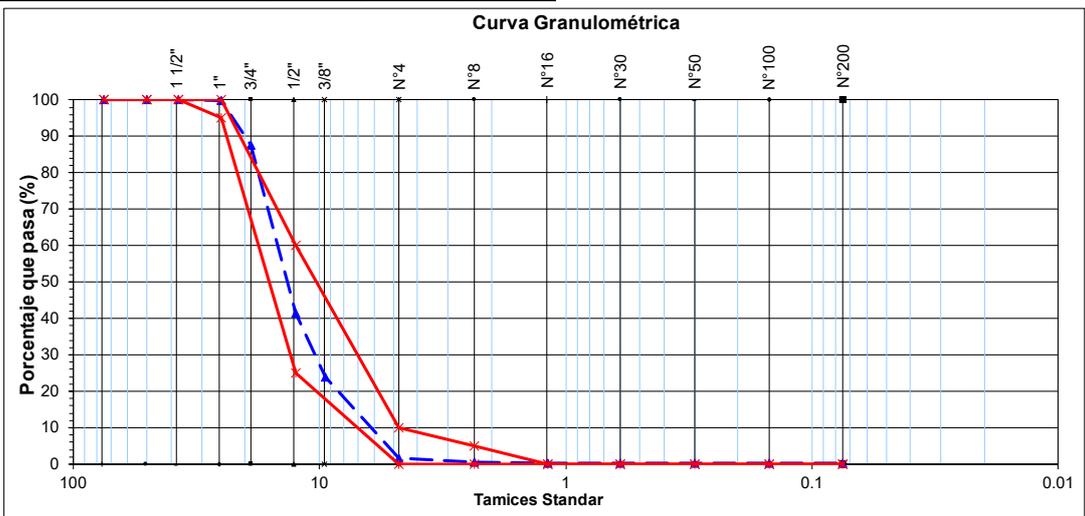
**Curva Granulométrica**

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Que Pasa
3"	75.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	100.00
1"	25.00	2.88	97.12
3/4"	19.00	16.50	80.62
1/2"	12.50	45.05	35.57
3/8"	9.50	15.45	20.12
N° 4	4.75	18.63	1.49
N° 8	2.36	0.93	0.56
N° 16	1.18	0.22	0.34
N° 30	0.60	0.00	0.00
N° 50	0.30	0.00	0.00
N° 100	0.15	0.00	0.00
N° 200	0.08	0.00	0.00
Fondo	0.00	0.34	0.00

<b>Elaborado por:</b> Supervisor de Agregados	<b>Revisado por:</b> Jefe de Investigación y Desarrollo	<b>Autorizado por:</b> Jefe de Control de Calidad	<b>Versión N° 1</b> Pag 1 -1
--	--	--	---------------------------------

## Ítem: 4.2.2 Agregado Grueso

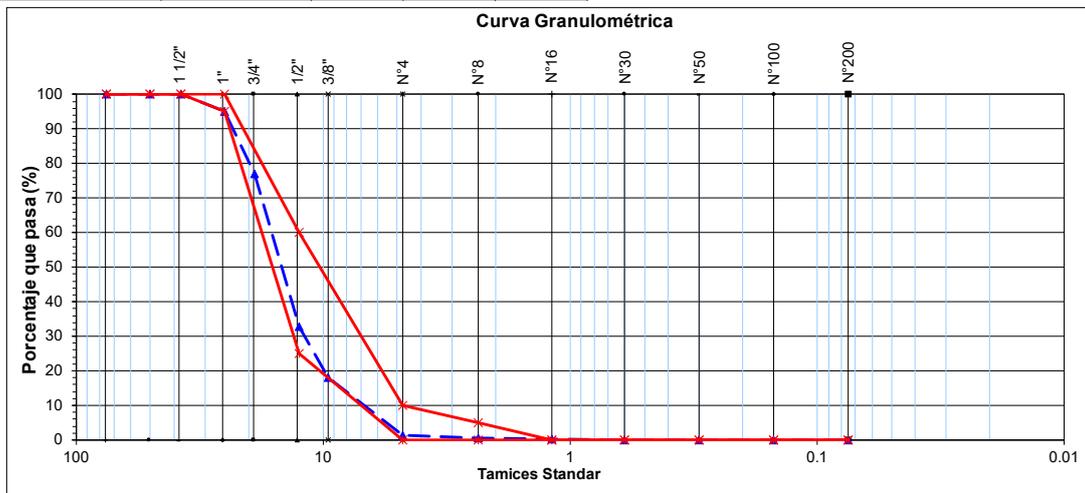
		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> <b>MIXERCON S.A.</b>					<b>GCC-R-001</b>				
<b>AGREGADO GRUESO : PIEDRA H57</b> NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012											
<b>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD</b>											
Planta :	VILLA 2	Fecha :	13/09/19	Hora:	14:00 pm						
Ubicación :	PAN.SUR KM 16.5 ASOC.LA CONCORDIA – VES	Técnico :	Cueva Durand	Responsable :	Ing. William Acevedo						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>											
Identificación :	MUESTRA N° 01 - STOCK	Peso natural :	4144.1	gr							
Procedencia :	LURIN	Peso seco :	4121.9	gr							
Proveedor :	AGREXA	Peso seco lavado :	4083.3	gr							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra			
						Mínimo	Máximo				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	<b>Características Físicas</b>			
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	6.85	-	
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat.< Malla 200	0.94	%	
1"	25.00	14.0	0.11	0.11	99.89	95	100	Contenido de Humedad	0.54	%	
3/4"	19.00	1482.0	12.19	12.30	87.70			Peso Especifico SSS		gr/cm <sup>3</sup>	
1/2"	12.50	5642.4	46.40	58.71	41.29	25	60	Absorción		%	
3/8"	9.50	2098.4	17.26	75.97	24.04			Peso Unitario Suelto		kg/m <sup>3</sup>	
N° 4	4.75	2720.6	22.38	98.34	1.66	0	10	Peso U.Compactado		kg/m <sup>3</sup>	
N° 8	2.36	134.1	1.10	99.44	0.56	0	5	Cont. Chatas y alargadas		%	
N° 16	1.18	0.0	0.25	99.69	0.31	0	0	<b>Características Químicas</b>			
N° 30	0.60	0.0	0.00	99.69	0.31	0	0	Equivalente Arena		%	
N° 50	0.30	0.0	0.00	99.69	0.31	0	0	N° Impurezas organicas		-	
N° 100	0.15	0.0	0.00	99.69	0.31	0	0	Cont. total de Sales Solubles		ppm	
N° 200	0.08	0.0	0.00	99.69	0.31	0	0				
Fondo	0.00	38.0	0.31	100.00	0.00	0	0				
Total		12159.2	100.000	M.F	6.85						
<b>Curva Granulométrica</b>											
											
<b>Elaborado por:</b> Supervisor de Agregados			<b>Revisado por:</b> Jefe de Investigación y Desarrollo			<b>Autorizado por:</b> Jefe de Control de Calidad			<b>Versión N° 1</b> Pag 1 - 1		

Ítem: 4.2.2 Agregado Grueso

		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> <b>MIXERCON S.A.</b>						GCC-R-001		
<b>AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 30% : PIEDRA H57</b> NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012										
<b>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD</b>										
<b>Planta :</b> VILLA 2		<b>Fecha :</b> 13/09/19			<b>Hora:</b> 14:00 pm					
<b>Ubicación :</b> PAN.SUR KM 16.5 ASOC.LA CONCORDIA – VES		<b>Técnico :</b> Cueva Durand			<b>Responsable :</b> Ing. William Acevedo					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
<b>Identificación :</b> MUESTRA N° 01 - STOCK		<b>Peso natural :</b> 4142.8 gr								
<b>Procedencia :</b> LURIN		<b>Peso seco :</b> 4122.1 gr								
<b>Proveedor :</b> AGREXA		<b>Peso seco lavado :</b> 4083.3 gr								
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo			
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	<b>Características Físicas</b>		
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	7.02	-
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat.< Malla 200	0.94	%
1"	25.00	586.1	4.82	4.82	95.18	95	100	Contenido de Humedad	0.50	%
3/4"	19.00	2200.8	18.10	22.92	77.08			Peso Especifico SSS		gr/cm <sup>3</sup>
1/2"	12.50	5395.0	44.37	67.29	32.71	25	60	Absorción		%
3/8"	9.50	1767.9	14.54	81.83	18.17			Peso Unitario Suelto		kg/m <sup>3</sup>
N° 4	4.75	2038.7	16.77	98.60	1.40	0	10	Peso U.Compactado		kg/m <sup>3</sup>
N° 8	2.36	102.5	0.84	99.44	0.56	0	5	Cont. Chatas y alargadas		%
N° 16	1.18	25.4	0.21	99.65	0.35	0	0	<b>Características Químicas</b>		
N° 30	0.60	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0	Equivalente Arena		%
N° 50	0.30	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0	N° Impurezas organicas		-
N° 100	0.15	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 200	0.08	0.0	0.00	100.00	0.00	0	0			
Fondo	0.00	55.2	0.35	100.00	0.00	0	0			
Total		12159.2	100.000	M.F	7.02					

**Curva Granulométrica**

Elaborado por: Supervisor de Agregados	Revisado por: Jefe de Investigación y Desarrollo	Autorizado por: Jefe de Control de Calidad	Versión N° 1 Pag 1 -1
---	---	---	--------------------------

Ítem: 4.2.2 Agregado Grueso

		<b>ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS</b> <b>MIXERCON S.A.</b>						<b>GCC-R-001</b>		
<b>AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 40%: PIEDRA H57</b> NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012										
<b>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD</b>										
<b>Planta :</b> VILLA 2		<b>Fecha :</b> 13/09/19			<b>Hora:</b> 14:00 pm					
<b>Ubicación :</b> PAN.SUR KM 16.5 ASOC.LA CONCORDIA – VES		<b>Técnico :</b> Cueva Durand			<b>Responsable :</b> Ing. William Acevedo					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
<b>Identificación :</b> MUESTRA N° 01 - STOCK		<b>Peso natural :</b> 4142.8 gr			<b>Peso seco :</b> 4122.1 gr					
<b>Procedencia :</b> LURIN		<b>Peso seco lavado :</b> 4083.3 gr								
<b>Proveedor :</b> AGREXA										
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo			
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	<b>Características Físicas</b>		
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	7.07	-
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat.< Malla 200	0.94	%
1"	25.00	662.1	5.44	5.44	94.56	95	100	Contenido de Humedad	0.50	%
3/4"	19.00	2555.0	21.01	26.46	73.54			Peso Especifico SSS		gr/cm³
1/2"	12.50	5312.9	43.69	70.15	29.85	25	60	Absorción		%
3/8"	9.50	1658.9	13.64	83.80	16.21			Peso Unitario Suelto		kg/m³
N° 4	4.75	1811.4	14.90	98.69	1.31	0	10	Peso U.Compactado		kg/m³
N° 8	2.36	90.6	0.75	99.44	0.56	0	5	Cont. Chatas y alargadas		%
N° 16	1.18	23.7	0.19	99.63	0.37	0	0	<b>Características Químicas</b>		
N° 30	0.60	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0	Equivalente Arena		%
N° 50	0.30	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0	N° Impurezas organicas		-
N° 100	0.15	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 200	0.08	0.0	0.00	99.63	0.37	0	0			
Fondo	0.00	55.2	0.37	100.00	0.00	0	0			
Total		12159.2	100.000	<b>M.F</b>	<b>7.07</b>					

**Curva Granulométrica**

<b>Elaborado por:</b> Supervisor de Agregados	<b>Revisado por:</b> Jefe de Investigación y Desarrollo	<b>Autorizado por:</b> Jefe de Control de Calidad
		<b>Versión N° 1</b> Pag 1 -1

## **ANEXO 05: DISEÑO DE MEZCLA**

Ítem: 4.2.3 Diseño de mezcla

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"										GID - R - 001																																																																																																																																																											
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																																																																																																																																																																					
DISEÑO: f'c= 280 H57 6"-8" Concreto reciclado patron																																																																																																																																																																					
<b>DOSIFICACION CEMENTO</b>										FECHA : 25/09/2019																																																																																																																																																											
Cementante total 305 kg										CODIGO : D1																																																																																																																																																											
Adición 0.00%										RESPONSABLE :																																																																																																																																																											
R a/cto 0.62										TECNICOS :																																																																																																																																																											
R a/cte 0.62																																																																																																																																																																					
Tipo de Cemento I																																																																																																																																																																					
Tipo de Piedra 57										10.4																																																																																																																																																											
Tipo de Piedra 56																																																																																																																																																																					
Volumen abs ag grueso 41.99 %										VOLUMEN DE PRUEBA 0.070 m³																																																																																																																																																											
Voumen mortero 58.01 %										Temperatura Cemento °C																																																																																																																																																											
Volumen de pasta 20.65 %										Temperatura Agua °C																																																																																																																																																											
Aporte de agua Arena 2.86 kg/m³										Temperatura Arena °C																																																																																																																																																											
Aporte de agua Piedra H67 -4.43 kg/m³										Temperatura Piedra °C																																																																																																																																																											
Compensación de Agua -1.57 kg/m³																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DOSIFICACIONES DE ADITIVOS</th> <th colspan="2">P. e. Aditivos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PLASTIMENT TM30</td> <td>0.50%</td> <td>1700</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>SIKAMENT TM100</td> <td>1.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 3</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 4</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>										DOSIFICACIONES DE ADITIVOS		P. e. Aditivos		PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³	SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³	ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³	ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³																																																																																																																																								
DOSIFICACIONES DE ADITIVOS		P. e. Aditivos																																																																																																																																																																			
PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³																																																																																																																																																																		
SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³																																																																																																																																																																		
ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³																																																																																																																																																																		
ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³																																																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MATERIALES</th> <th>PROCEDENCIA</th> <th>P.E. SSS</th> <th>HUM.</th> <th>ABS.</th> <th>%H-%A</th> <th>PESO SSS</th> <th>VOL.</th> <th>PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD</th> <th>TANDA PRUEBA</th> <th>UNIDAD</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>kg/m³</td> <td>%</td> <td>%</td> <td></td> <td>kg/m³</td> <td>m³</td> <td></td> <td>DOSIFICACION</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>IMPORTADO</td> <td>3120</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>305.00</td> <td>0.0978</td> <td>305.00</td> <td>21.35</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>ADICION</td> <td>NACIONAL</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>POTABLE</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>190.00</td> <td>0.1900</td> <td>191.57</td> <td>13.41</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>MIRANDA</td> <td>2650</td> <td>0.90</td> <td>0.58</td> <td>0.32</td> <td>895.27</td> <td>0.3378</td> <td>898.13</td> <td>62.87</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PIEDRA H57</td> <td>AGREXA</td> <td>2750</td> <td>0.54</td> <td>0.98</td> <td>-0.44</td> <td>1006.47</td> <td>0.3660</td> <td>1002.04</td> <td>70.14</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PIEDRA RECICLADO</td> <td>AGREXA</td> <td>2600</td> <td>0.50</td> <td>3.30</td> <td>-2.80</td> <td>0.00</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PLASTIMENT TM30</td> <td>SIKA</td> <td>1700</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.53</td> <td>0.0009</td> <td>1.53</td> <td>106.75</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>SIKAMENT TM100</td> <td>SIKA</td> <td>1210</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.05</td> <td>0.0025</td> <td>3.05</td> <td>213.50</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 3</td> <td>NN</td> <td>1210</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 4</td> <td>NN</td> <td>1210</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>AIRE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.50%</td> <td>0.0050</td> <td>0.50%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2401.32</td> <td>1.0000</td> <td>2401</td> <td>168.09</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table>										MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E. SSS	HUM.	ABS.	%H-%A	PESO SSS	VOL.	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA	UNIDAD			kg/m³	%	%		kg/m³	m³		DOSIFICACION		CEMENTO	IMPORTADO	3120				305.00	0.0978	305.00	21.35	kg	ADICION	NACIONAL	1000				0.0	0.0000	0.00	0.00	gr	AGUA	POTABLE	1000				190.00	0.1900	191.57	13.41	L	ARENA	MIRANDA	2650	0.90	0.58	0.32	895.27	0.3378	898.13	62.87	kg	PIEDRA H57	AGREXA	2750	0.54	0.98	-0.44	1006.47	0.3660	1002.04	70.14	kg	PIEDRA RECICLADO	AGREXA	2600	0.50	3.30	-2.80	0.00	0.0000	0.00	0.00	kg	PLASTIMENT TM30	SIKA	1700				1.53	0.0009	1.53	106.75	gr	SIKAMENT TM100	SIKA	1210				3.05	0.0025	3.05	213.50	gr	ADITIVO 3	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.0	gr	ADITIVO 4	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.00	gr	AIRE						0.50%	0.0050	0.50%			TOTAL						2401.32	1.0000	2401	168.09	kg	<b>ENSAYOS A REALIZAR</b> Temperatura de Materiales Pérdida de trabajabilidad Peso Unitario Contenido de Aire Muestreo de Probetas 4"x8" Ensayo de Fragua Ensayo de Fragua	
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E. SSS	HUM.	ABS.	%H-%A	PESO SSS	VOL.	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA	UNIDAD																																																																																																																																																											
		kg/m³	%	%		kg/m³	m³		DOSIFICACION																																																																																																																																																												
CEMENTO	IMPORTADO	3120				305.00	0.0978	305.00	21.35	kg																																																																																																																																																											
ADICION	NACIONAL	1000				0.0	0.0000	0.00	0.00	gr																																																																																																																																																											
AGUA	POTABLE	1000				190.00	0.1900	191.57	13.41	L																																																																																																																																																											
ARENA	MIRANDA	2650	0.90	0.58	0.32	895.27	0.3378	898.13	62.87	kg																																																																																																																																																											
PIEDRA H57	AGREXA	2750	0.54	0.98	-0.44	1006.47	0.3660	1002.04	70.14	kg																																																																																																																																																											
PIEDRA RECICLADO	AGREXA	2600	0.50	3.30	-2.80	0.00	0.0000	0.00	0.00	kg																																																																																																																																																											
PLASTIMENT TM30	SIKA	1700				1.53	0.0009	1.53	106.75	gr																																																																																																																																																											
SIKAMENT TM100	SIKA	1210				3.05	0.0025	3.05	213.50	gr																																																																																																																																																											
ADITIVO 3	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.0	gr																																																																																																																																																											
ADITIVO 4	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.00	gr																																																																																																																																																											
AIRE						0.50%	0.0050	0.50%																																																																																																																																																													
TOTAL						2401.32	1.0000	2401	168.09	kg																																																																																																																																																											
<b>ENSAYOS DE CONTROL</b>																																																																																																																																																																					
<b>CONTROL DE CALIDAD</b>			<b>DATOS PESO UNITARIO</b>			<b>PERDIDA DE TRABAJABILIDAD</b>			<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>																																																																																																																																																												
Inicio Mezclado	13:05	hh:mm	Tara	3.45	Kg	Tempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (dias)	Diam (cm)	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm2)	f'c prom.(Kg/cm2)																																																																																																																																																				
Fin Mezclado	13:13	hh:mm	Volumen	0.00696	m3	0	13:17	8 1/4	21	20.5	19.3	74.4	3	10.1	18027	225.0	242.32																																																																																																																																																				
Probetas 4"x8"	9	Und	Tara+Concreto	20.22	kg	30	13:47	7 7/8	20	20.5	19.6	75.6		10.1	19474	243.1																																																																																																																																																					
Vigas	1	Und	P.U. Real	2409.48	kg/m3	90	14:47	7 2/3	19.5	20.3	14.4	76.9		10.1	20741	258.9																																																																																																																																																					
Fragua Inicial		hh:mm	% de Aire	1.7	%	120	15:17	6	15	20.1	19.8	75.5	7	10.1	23931	298.7	296.73																																																																																																																																																				
Fragua Final		hh:mm	P.U.Teórico	2401.3	kg/m3	150	15:47	4 1/2	11.5	20	20.8	75.9		10.1	23670	295.4																																																																																																																																																					
			Rendimiento	0.997		180	16:17	3 1/2	9	20	21.8	76.2		10.1	23720	296.1																																																																																																																																																					
OBSERVACIONES:												28	10.1	31139	388.7	385.27																																																																																																																																																					
												10.1	30631	382.3																																																																																																																																																							
												10.1	30832	384.8																																																																																																																																																							
												155																																																																																																																																																									

Ítem: 4.2.3 Diseño de mezcla

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"										GID - R - 001																																																																										
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																																																																																				
DISEÑO: f'c= 280 Concreto reciclado 20%																																																																																				
<b>DOSIFICACION CEMENTO</b>										FECHA : 25/09/2019																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>%#200 Arena</td> <td>5.00</td> <td>Humedad Arena</td> <td>0.90</td> <td>%</td> <td>Cementante total</td> <td>305</td> <td>kg</td> <td>R a/cto</td> <td>0.62</td> <td colspan="2">CODIGO : D1</td> </tr> <tr> <td>%#200 Piedra H57</td> <td>1.00</td> <td>Humedad PH</td> <td>0.54</td> <td>%</td> <td>Adición</td> <td>0.00%</td> <td>%</td> <td>R a/cte</td> <td>0.62</td> <td colspan="2">RESPONSABLE :</td> </tr> <tr> <td>M.F. Arena</td> <td>2.56</td> <td>Vol. Agregados</td> <td>0.7038</td> <td></td> <td>Tipo de Cemento</td> <td>I</td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">TECNICOS :</td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra # 57</td> <td>6.89</td> <td>ARENA</td> <td>48.0</td> <td>%</td> <td>Tipo de Piedra</td> <td>57</td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra Reciclado</td> <td>7.40</td> <td>PIEDRA H57</td> <td>41.6</td> <td>%</td> <td>Tipo de Piedra</td> <td>5</td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>M.F. Global</td> <td>4.86</td> <td>PIEDRA RECICLADO</td> <td>10.4</td> <td>%</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>										%#200 Arena	5.00	Humedad Arena	0.90	%	Cementante total	305	kg	R a/cto	0.62	CODIGO : D1		%#200 Piedra H57	1.00	Humedad PH	0.54	%	Adición	0.00%	%	R a/cte	0.62	RESPONSABLE :		M.F. Arena	2.56	Vol. Agregados	0.7038		Tipo de Cemento	I				TECNICOS :		M.F. Piedra # 57	6.89	ARENA	48.0	%	Tipo de Piedra	57						M.F. Piedra Reciclado	7.40	PIEDRA H57	41.6	%	Tipo de Piedra	5						M.F. Global	4.86	PIEDRA RECICLADO	10.4	%									VOLUMEN DE PRUEBA : 0.070 m³	
%#200 Arena	5.00	Humedad Arena	0.90	%	Cementante total	305	kg	R a/cto	0.62	CODIGO : D1																																																																										
%#200 Piedra H57	1.00	Humedad PH	0.54	%	Adición	0.00%	%	R a/cte	0.62	RESPONSABLE :																																																																										
M.F. Arena	2.56	Vol. Agregados	0.7038		Tipo de Cemento	I				TECNICOS :																																																																										
M.F. Piedra # 57	6.89	ARENA	48.0	%	Tipo de Piedra	57																																																																														
M.F. Piedra Reciclado	7.40	PIEDRA H57	41.6	%	Tipo de Piedra	5																																																																														
M.F. Global	4.86	PIEDRA RECICLADO	10.4	%																																																																																
<table border="1"> <tr> <td>PLASTIMENT TM30</td> <td>0.50%</td> <td>1700</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen abs ag grueso</td> <td>36.67</td> <td>%</td> <td>Temperatura Cemento</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>SIKAMENT TM100</td> <td>1.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen mortero</td> <td>63.33</td> <td>%</td> <td>Temperatura Agua</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 3</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen de pasta</td> <td>22.55</td> <td>%</td> <td>Temperatura Arena</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 4</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Aporte de agua Arena</td> <td>2.86</td> <td>kg/m³</td> <td>Temperatura Piedra</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Aporte de agua Piedra H67</td> <td>-3.54</td> <td>kg/m³</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Compensacion de Agua</td> <td>-6.01</td> <td>kg/m³</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>										PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³	Volumen abs ag grueso	36.67	%	Temperatura Cemento		°C	SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³	Volumen mortero	63.33	%	Temperatura Agua		°C	ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³	Volumen de pasta	22.55	%	Temperatura Arena		°C	ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³	Aporte de agua Arena	2.86	kg/m³	Temperatura Piedra		°C					Aporte de agua Piedra H67	-3.54	kg/m³								Compensacion de Agua	-6.01	kg/m³																		
PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³	Volumen abs ag grueso	36.67	%	Temperatura Cemento		°C																																																																											
SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³	Volumen mortero	63.33	%	Temperatura Agua		°C																																																																											
ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³	Volumen de pasta	22.55	%	Temperatura Arena		°C																																																																											
ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³	Aporte de agua Arena	2.86	kg/m³	Temperatura Piedra		°C																																																																											
				Aporte de agua Piedra H67	-3.54	kg/m³																																																																														
				Compensacion de Agua	-6.01	kg/m³																																																																														
MATERIALES										ENSAYOS A REALIZAR																																																																										
MATERIALES	PROCEDENCIA	P.E. SSS	HUM.	ABS.	%H-%A	PESO SSS	VOL.	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA																																																																											
CEMENTO	IMPORTADO	3120				305.00	0.0978	305.00	21.35	kg	Temperatura de Materiales																																																																									
ADICION	NACIONAL	1000				0.0	0.0000	0.00	0.00	gr	Perdida de trabajabilidad																																																																									
AGUA	POTABLE	1000				190.00	0.1900	196.01	13.72	L	Peso Unitario																																																																									
ARENA	MIRANDA	2650	0.90	0.58	0.32	895.27	0.3378	898.13	62.87	kg	Contenido de Aire																																																																									
PIEDRA H57	AGREXA	2750	0.54	0.98	-0.44	805.18	0.2928	801.63	56.11	kg	Muestreo de Probetas 4"x8"																																																																									
PIEDRA RECICLADO	AGREXA	2600	0.50	3.30	-2.80	190.31	0.0732	184.99	12.95	kg	Ensayo de Fragua																																																																									
PLASTIMENT TM30	SIKA	1700				1.53	0.0000	1.53	106.75	gr	Ensayo de Fragua																																																																									
SIKAMENT TM100	SIKA	1210				3.05	0.0025	3.05	213.50	gr																																																																										
ADITIVO 3	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.00	gr																																																																										
ADITIVO 4	NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.00	gr																																																																										
AIRE						0.50%	0.0050	0.50%																																																																												
TOTAL						2390.34	1.0000	2390	167.32	kg																																																																										
ENSAYOS DE CONTROL																																																																																				
CONTROL DE CALIDAD																																																																																				
DATOS PESO UNITARIO			PERDIDA DE TRABAJABILIDAD				RESISTENCIA A LA COMPRESION																																																																													
Inicio Mezclado	13:05	hh:mm	Tara	3.45	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (días)	Diam (cm)	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm2)	f'c prom.(Kg/cm2)																																																																			
Fin Mezclado	13:13	hh:mm	Volumen	0.00696	m3	0	13:17	7 7/8	20	20.6	19.3	74.4	3	10.1	17900	223.4	227.83																																																																			
Probetas 4"x8"	9	Und	Tara+Concreto	20	kg	30	13:47	7 2/3	19.5	20.5	19.6	75.6	7	10.1	18186	227.0																																																																				
Vigas	1	Und	P.U. Real	2377.87	kg/m3	90	14:47	6 2/3	17	20.2	14.4	76.9	7	10.1	23082	288.1		288.43																																																																		
Fragua Inicial		hh:mm	% de Aire	2.4	%	120	15:17	6 2/7	16	20.1	19.8	75.6	28	10.1	23142	288.8																																																																				
Fragua Final		hh:mm	P.U. Teórico	2390.3	kg/m3	150	15:47	4 5/7	12	20	19.8	75.2	28	10.1	23101	288.3	349.50																																																																			
			Rendimiento	1.005		180	16:17	4	10	20	19.8	76.2	28	10.1	27454	342.7																																																																				
														10.1	28519	356.0																																																																				
														10.1	28032	349.9																																																																				
OBSERVACIONES:																																																																																				

Ítem: 4.2.3 Diseño de mezcla

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "LEM"										GID - R - 001																																																													
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS																																																																							
DISEÑO: f'c = 280 Concreto reciclado 30%																																																																							
<b>DOSIFICACION CEMENTO</b>										FECHA : 25/09/2019																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Cementante total</td> <td>305</td> <td>kg</td> <td>R a/cto</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>Adición</td> <td>0.00%</td> <td>%</td> <td>R a/cte</td> <td>0.62</td> </tr> </table>										Cementante total	305	kg	R a/cto	0.62	Adición	0.00%	%	R a/cte	0.62	CODIGO : D1																																																			
Cementante total	305	kg	R a/cto	0.62																																																																			
Adición	0.00%	%	R a/cte	0.62																																																																			
<table border="1"> <tr> <td>Vol. Agregados</td> <td>0.7038</td> <td></td> <td>Tipo de Cemento</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>48.0</td> <td>%</td> <td>Tipo de Piedra</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>PIEDRA H57</td> <td>36.4</td> <td>%</td> <td>Tipo de Piedra</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>PIEDRA RECICLADO</td> <td>15.6</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Vol. Agregados	0.7038		Tipo de Cemento	I	ARENA	48.0	%	Tipo de Piedra	57	PIEDRA H57	36.4	%	Tipo de Piedra	56	PIEDRA RECICLADO	15.6	%			RESPONSABLE :																																									
Vol. Agregados	0.7038		Tipo de Cemento	I																																																																			
ARENA	48.0	%	Tipo de Piedra	57																																																																			
PIEDRA H57	36.4	%	Tipo de Piedra	56																																																																			
PIEDRA RECICLADO	15.6	%																																																																					
<table border="1"> <tr> <td>M.F. Arena</td> <td>2.56</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra # 57</td> <td>6.89</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M.F. Piedra Reciclado</td> <td>7.40</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M.F. Global</td> <td>4.89</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										M.F. Arena	2.56				M.F. Piedra # 57	6.89				M.F. Piedra Reciclado	7.40				M.F. Global	4.89				TECNICOS :																																									
M.F. Arena	2.56																																																																						
M.F. Piedra # 57	6.89																																																																						
M.F. Piedra Reciclado	7.40																																																																						
M.F. Global	4.89																																																																						
<table border="1"> <tr> <td>Humedad Arena</td> <td>0.90</td> <td>%</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Humedad PH</td> <td>0.54</td> <td>%</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>										Humedad Arena	0.90	%			Humedad PH	0.54	%			VOLUMEN DE PRUEBA 0.070 m³																																																			
Humedad Arena	0.90	%																																																																					
Humedad PH	0.54	%																																																																					
<table border="1"> <tr> <td>PLASTIMENT TM30</td> <td>0.50%</td> <td>1700</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen abs ag grueso</td> <td>33.63</td> <td>%</td> <td>Temperatura Cemento</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>SIKAMENT TM100</td> <td>1.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen mortero</td> <td>66.37</td> <td>%</td> <td>Temperatura Agua</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 3</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Volumen de pasta</td> <td>23.63</td> <td>%</td> <td>Temperatura Arena</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ADITIVO 4</td> <td>0.00%</td> <td>1210</td> <td>kg/m³</td> <td>Aporte de agua Arena</td> <td>2.86</td> <td>kg/m³</td> <td>Temperatura Piedra</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Aporte de agua Piedra H67</td> <td>-3.10</td> <td>kg/m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Compensacion de Agua</td> <td>-8.23</td> <td>kg/m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³	Volumen abs ag grueso	33.63	%	Temperatura Cemento		°C	SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³	Volumen mortero	66.37	%	Temperatura Agua		°C	ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³	Volumen de pasta	23.63	%	Temperatura Arena		°C	ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³	Aporte de agua Arena	2.86	kg/m³	Temperatura Piedra		°C					Aporte de agua Piedra H67	-3.10	kg/m³								Compensacion de Agua	-8.23	kg/m³					
PLASTIMENT TM30	0.50%	1700	kg/m³	Volumen abs ag grueso	33.63	%	Temperatura Cemento		°C																																																														
SIKAMENT TM100	1.00%	1210	kg/m³	Volumen mortero	66.37	%	Temperatura Agua		°C																																																														
ADITIVO 3	0.00%	1210	kg/m³	Volumen de pasta	23.63	%	Temperatura Arena		°C																																																														
ADITIVO 4	0.00%	1210	kg/m³	Aporte de agua Arena	2.86	kg/m³	Temperatura Piedra		°C																																																														
				Aporte de agua Piedra H67	-3.10	kg/m³																																																																	
				Compensacion de Agua	-8.23	kg/m³																																																																	
MATERIALES										ENSAYOS A REALIZAR																																																													
PROCEDENCIA	P.E. SSS	HUM.	ABS.	%H-%A	PESO SSS	VOL.	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA	DOSIFICACION	UNIDAD	Temperatura de Materiales																																																												
CEMENTO	IMPORTADO	3120			305.00	0.0978	305.00	21.35	kg		Perdida de trabajabilidad																																																												
ADICION	NACIONAL	1000			0.0	0.0000	0.00	0.00	gr		Peso Unitario																																																												
AGUA	POTABLE	1000			190.00	0.1900	198.23	13.88	L		Contenido de Aire																																																												
ARENA	MIRANDA	2850	0.90	0.58	0.32	895.27	0.3378	898.13	62.87	kg	Muestreo de Probetas 4"x8"																																																												
PIEDRA H57	AGREXA	2750	0.54	0.98	-0.44	704.53	0.2562	701.43	49.10	kg	Ensayo de Fragua																																																												
PIEDRA RECICLADO	AGREXA	2600	0.50	3.30	-2.80	285.47	0.1098	277.48	19.42	kg	Ensayo de Fragua																																																												
PLASTIMENT TM30	SIKA	1700			1.53	0.0009	1.53	106.75	gr																																																														
SIKAMENT TM100	SIKA	1210			3.05	0.0025	3.05	213.50	gr																																																														
ADITIVO 3	NN	1210			0.00	0.0000	0.00	0.00	gr																																																														
ADITIVO 4	NN	1210			0.00	0.0000	0.00	0.00	gr																																																														
AIRE					0.50%	0.0050	0.50%																																																																
TOTAL					2384.85	1.0000	2385	166.94	kg																																																														
ENSAYOS DE CONTROL																																																																							
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PERDIDA DE TRABAJABILIDAD						RESISTENCIA A LA COMPRESION																																																											
Inicio Mezclado	hh:mm	Tara	3.45	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (dias)	Diam (cm)	Carga (Kg)	Fc (Kg/cm2)	Fc prom.(Kg/cm2)																																																							
Fin Mezclado	hh:mm	Volumen	0.00696	m3	0	14:17	8	20.50	20.9	19.8	77.0	3	10.1	17745	221.5	232.23																																																							
Probetas 4"x8"	9	Tara+Concreto	20.15	kg	30	15:17	7 1/2	19	20.4	19.8	76.0	7	10.1	19177	239.4																																																								
Vigas	1	P.U. Real	2399.43	kg/m3	90	16:37	7	18	20.1	19.8	76.8		10.1	18896	235.9																																																								
Fragua Inicial	hh:mm	%de Aire	2.1	%	120	17:17	6 8/9	17.5	19.8	19.7	74.1		28	10.1	25207	314.6																																																							
Fragua Final	hh:mm	P.U.Teórico	2384.8	kg/m3	150	17:47	6 2/3	17	19.6	19.6	74.1	10.1		25395	317.0	315.80																																																							
		Rendimiento	0.994		180	17:17	6 1/9	15.5	19.8	19.7	74.1	10.1		25302	315.8																																																								
OBSERVACIONES:					210	17:47	4 5/7	12	19.6	19.6	74.1	10.1	28966	361.5	359.85																																																								
												10.1	28703	358.3																																																									
													10.1	28824	359.8																																																								

Ítem: 4.2.3 Diseño de mezcla

MATERIALES		PROCEDENCIA	P.E. SSS kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	%H-%A	PESO SSS kg/m <sup>3</sup>	VOL. m <sup>3</sup>	PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	TANDA PRUEBA DOSIFICACION	UNIDAD	ENSAYOS A REALIZAR
CEMENTO		IMPORTADO	3120				305.00	0.0978	305.00	21.35	kg	Temperatura de Materiales
ADICION		NACIONAL	1000				0.0	0.0000	0.00	0.00	gr	Perdida de trabajabilidad
AGUA		POTABLE	1000				190.00	0.1900	200.45	14.03	L	Peso Unitario
ARENA		MIRANDA	2650	0.90	0.58	0.32	895.27	0.3378	898.13	62.87	kg	Contenido de Aire
PIEDRA H57		AGREXA	2750	0.54	0.98	-0.44	603.88	0.2196	601.23	42.09	kg	Muestreo de Probetas 4"x8"
PIEDRA RECICLADO		AGREXA	2600	0.50	3.30	-2.80	380.63	0.1464	369.97	25.90	kg	Ensayo de Fragua
PLASTIMENT TM30		SIKA	1700				1.53	0.0009	1.53	106.75	gr	
SIKAMENT TM100		SIKA	1210				3.05	0.0025	3.05	213.50	gr	
ADITIVO 3		NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.0	gr	
ADITIVO 4		NN	1210				0.00	0.0000	0.00	0.00	gr	
AIRE							0.50%	0.0050	0.50%			
TOTAL							2379.36	1.0000	2379	166.56	kg	

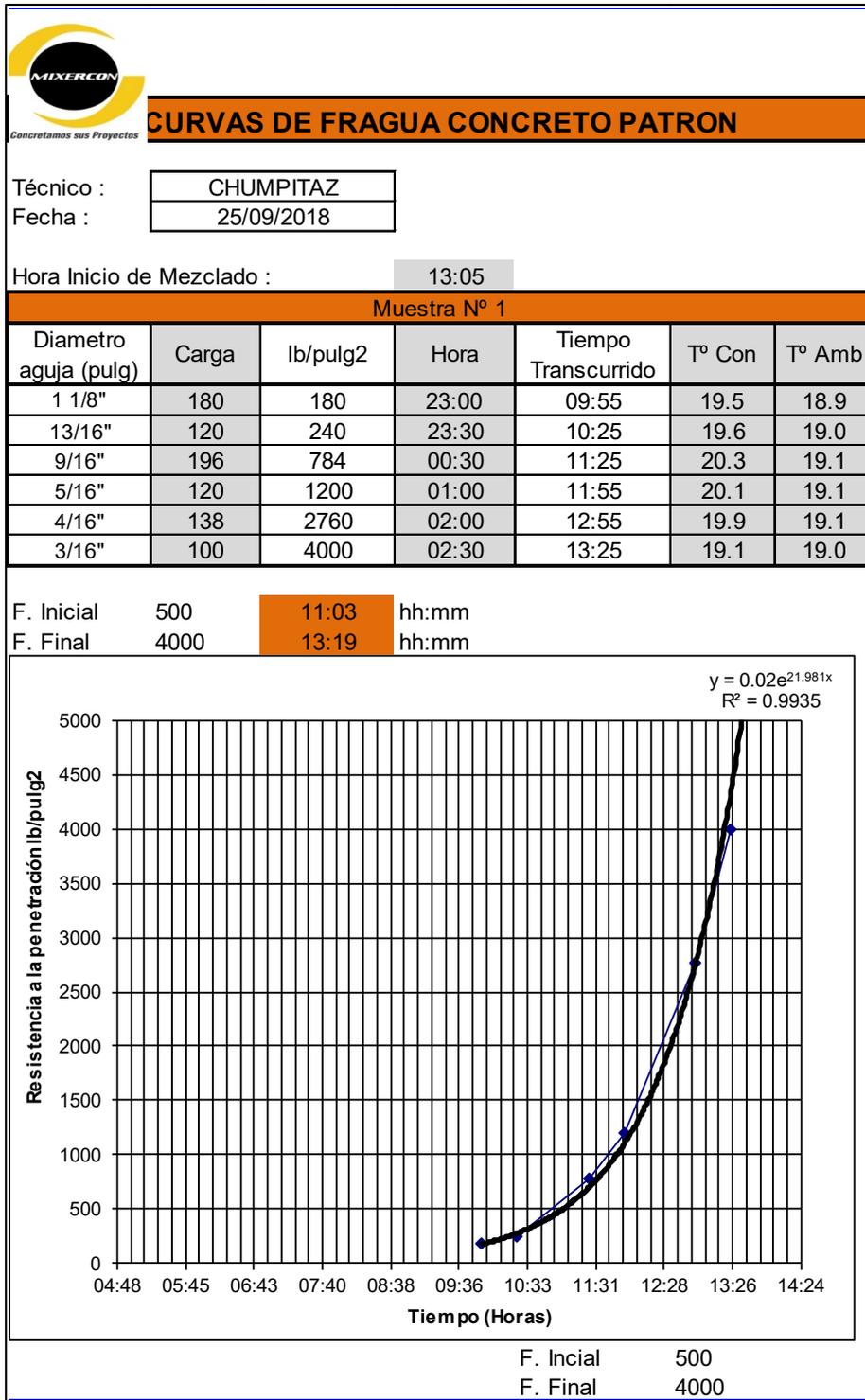
ENSAYOS DE CONTROL																	
CONTROL DE CALIDAD			DATOS PESO UNITARIO			PERDIDA DE TRABAJABILIDAD					RESISTENCIA A LA COMPRESION						
Inicio Mezclado		hh:mm	Tara	3.45	Kg	Tiempo (min)	Hora (hh:mm)	Slump (pulg)	Slump (cm)	TC (°C)	TA (°C)	HR (%)	Edad (dias)	Diam (cm)	Carga (Kg)	Fc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fc prom.(Kg/cm <sup>2</sup> )
Fin Mezclado		hh:mm	Volumen	0.00696	m <sup>3</sup>	0	14:17	9	23.00	21.0	19.8	77.0	3	10.1	13900	173.5	170.68
Probetas 4"x8"	9	Und	Tara+Concreto	20.5	kg	30	15:17	8 1/4	21	20.6	20.8	75.2		10.1	12953	161.7	
Vigas	1	Und	P.U. Real	2449.71	kg/m <sup>3</sup>	90	16:47	7 1/2	19	20.1	21.8	76.8		10.1	14170	176.9	
Fragua Inicial		hh:mm	% de Aire	1.1	%	120	17:17	7 2/7	18.5	20.3	19.7	74.3	7	10.1	20947	261.4	261.81
Fragua Final		hh:mm	P.U. Teórico	2379.4	kg/m <sup>3</sup>	150	16:47	7	17.75	20.1	21.8	76.8		10.1	21234	265.0	
			Rendimiento	0.971		180	17:17	6 1/2	16.5	20.3	19.7	74.3		10.1	20746	258.9	
						210	17:47	6 2/7	16	19.8	19.6	74.2	28	10.1	26058	325.2	328.95
														10.1	26398	329.5	

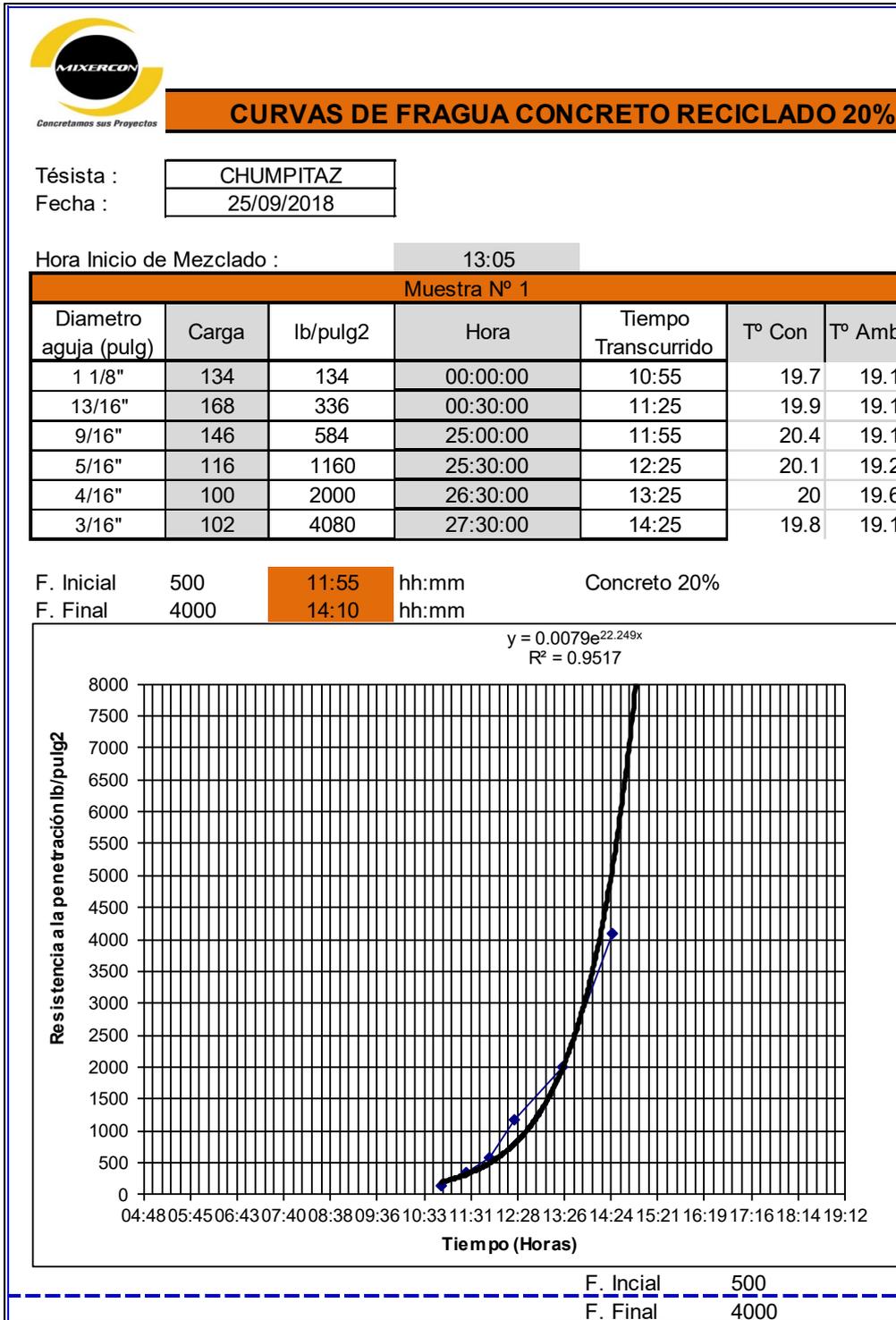
OBSERVACIONES:

## **ANEXO 06: FRAGUA DE LOS CONCRETOS**

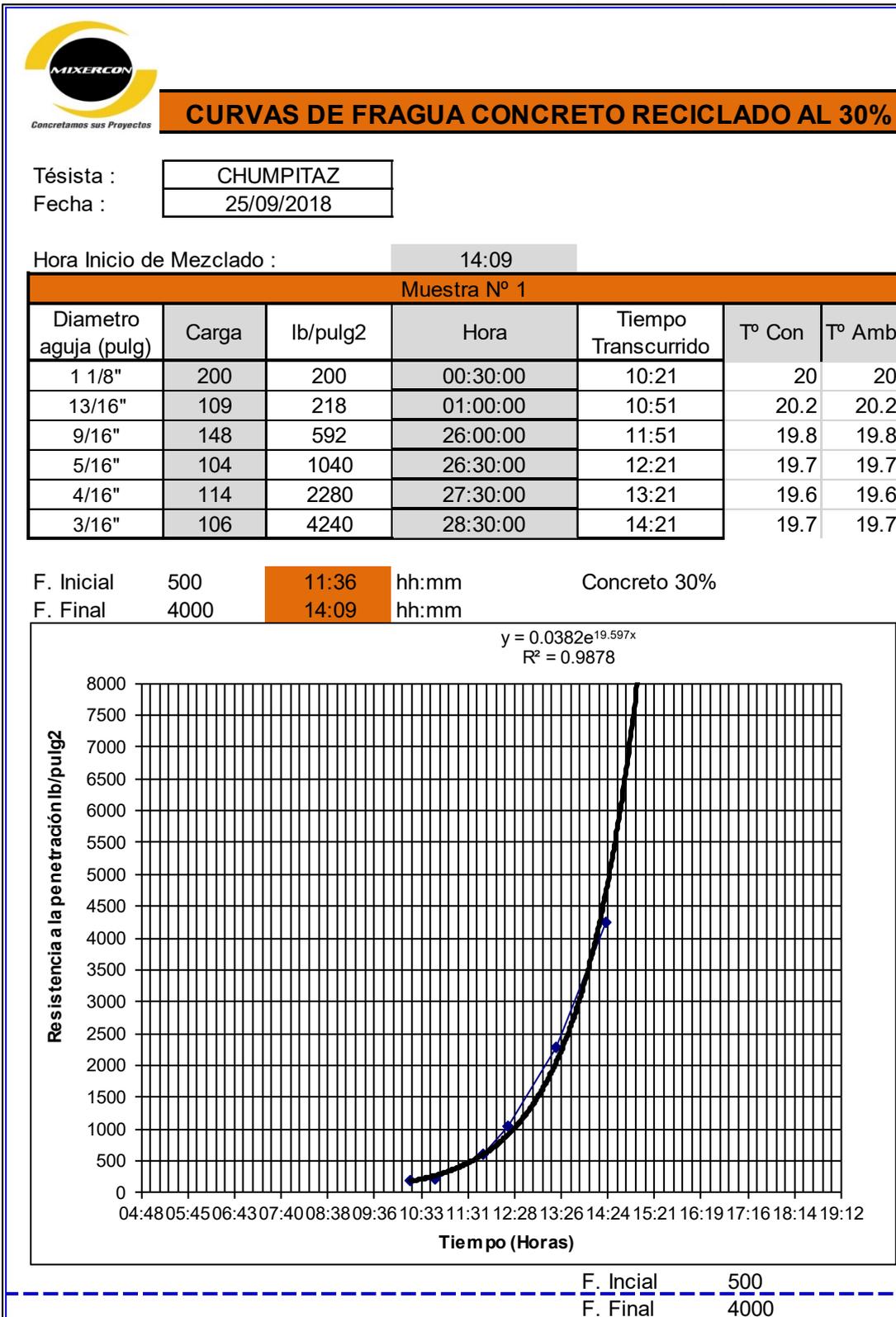
Ítem: 5.1.6 Fragua del concreto



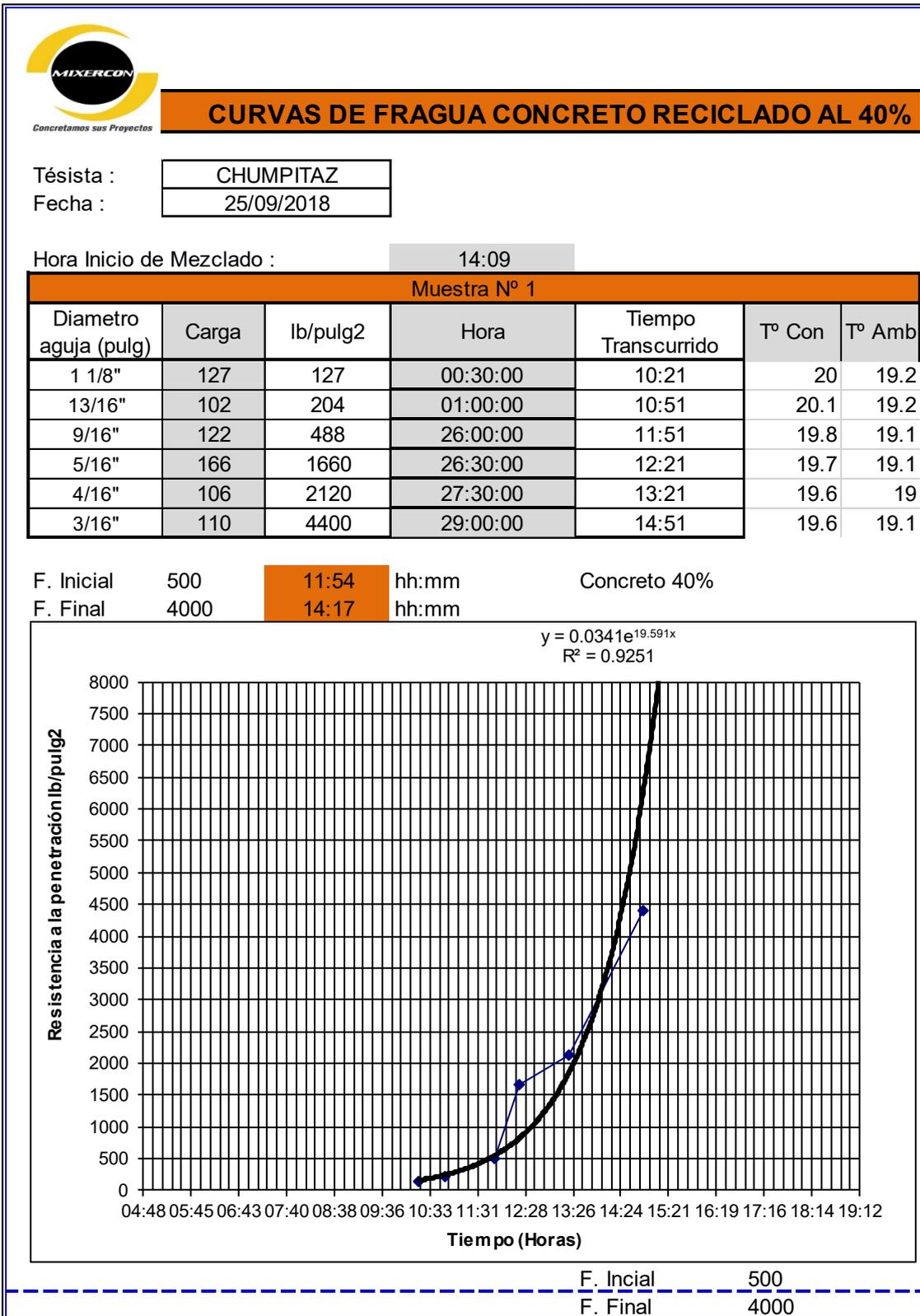
Ítem: 5.1.6 Fragua del concreto



Ítem: 5.1.6 Fragua del concreto



Ítem: 5.1.6 Fragua del concreto



**ANEXO 07: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE  
LABORATORIO**

## Ítem: 5.1.4 Resistencia a la compresión



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-108-2016

Peticionario : MIXERCON S.A.  
Atención : Ing. Javier Valdez  
Lugar de calibración : Laboratorio de Control de Calidad de Cemento Nacional - Planta Villa I  
Mz. C, Lt. 4. Asociación La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Lima.  
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica  
Capacidad del equipo : 250,000 lbf (113 TN)  
División de escala : 10 Kgf  
Marca : HUMBOLDT  
Nº de serie del equipo : 121018H  
Panel digital : TMI  
Código interno : PRE-001  
Nº de serie panel digital : DIR-121017-270  
Procedencia : USA  
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
Temp.(°C) y H.R.(%) Inicial : 23,9°C / 60%  
Temp.(°C) y H.R.(%) Final : 24,0°C / 61%  
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8517B0416  
Número de páginas : 2  
Fecha de calibración : 2016-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-10-05		

CMC-108-2016

Página 1 de 2

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso (kgf)	2° ascenso (kgf)	3° ascenso (kgf)			
0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	10000	9988	9903	9976	9956	0,4	0,1
18	20000	19929	19920	19955	19935	0,3	0,1
27	30000	29930	29919	29900	29916	0,3	0,1
35	40000	39873	39889	39903	39888	0,3	0,1
44	50000	49886	49825	49859	49857	0,3	0,1
53	60000	59886	59848	59864	59866	0,2	0,1
62	70000	69930	69961	69854	69915	0,1	0,1
71	80000	79884	79882	79839	79868	0,2	0,1
80	90000	89876	89863	89865	89868	0,1	0,1
88	100000	99935	99857	99864	99885	0,1	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



**INFORME TÉCNICO 305-16**

A : Ing. Pedro Badillo Macazana – MIXERCON S.A.  
De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.  
Asunto: Calibración y Mantenimiento preventivo de balanza digital marca Exact Scale, con N° de serie 1207180C70, Modelo REX, de 100 Kg. De Capacidad, perteneciente a la Planta Huachipa. Realizado el 22 de Setiembre del 2016.  
Fecha : 30 de Setiembre del 2016.

Estimado Ingeniero; respecto al mantenimiento del equipo arriba descrito, tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo se encontraba en buen estado de funcionamiento, se procedió al mantenimiento que incluye:

- Desarmado general del equipo.
- Limpieza general de las partes.
- Cambio de batería interna
- Pintado del soporte del panel
- Armado general.
- Pruebas de funcionamiento.

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración del mismo, se observó que las lecturas indicadas por el equipo no eran similares al del patrón utilizado por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;



Ing. Vladimir Tello  
Asesor Técnico  
CELDA EIRL

Ítem: 5.1.2 Contenido de Aire



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCMA-007-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.  
 Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana.  
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil Nº 1361 - Jesús María - Lima  
 Tipo de equipo : Medidor contenido de aire de concreto fresco "PRESS-AIRE-METER"  
 Capacidad del equipo : 0% - 100% de aire  
 División de escala : 0,1% de 0% a 6% ; 0,2% de 6% a 8% ; 0,5% de 8% a 15% ; 1% de 15% a 30% ; 5% de 30% a 50% ; 10% de 50% a 100% .  
 Marca : FORNEY  
 Modelo : LA-0316  
 Capacidad del recipiente : 1/4 de pie cúbico  
 Código : No Indica.  
 Nº de serie : 20150519/00494  
 Procedencia : USA  
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,8°C / 71%  
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,8°C / 71%  
 Método de calibración : Norma ASTM C-231  
 Patrón de referencia : 02 canister marca ELE - INTERNATIONAL, modelo 34-3267/10, con números de serie 080312 y 070312, certificado de calibración CSA-1869-15 y CSA-1868-15 respectivamente; cada uno de 5% de capacidad con respecto a un volumen de 1/4 de pie cúbico.  
 Número de páginas : 2  
 Fecha de calibración : 2017-01-19

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-23		

### Resultados de medición

Con 01 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 01 canister (%)	Error (%)	Incertidumbre K=2
1	5,0	5,0	5,0	0,0	0,1
2	5,0				
3	5,0				

Con 02 canister (patrón)

Número de medición	Contenido de aire en el equipo (%)	Promedio contenido de aire en el equipo (%)	Contenido de aire con 02 canister (%)	Error (%)	Incertidumbre K=2
1	10,0	10,0	10,0	0,0	0,1
2	10,0				
3	10,0				

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

### Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El cero "0" inicial del cual debe partir la aguja en el equipo es - 3 % y esta indicado con un stiker en el dial indicador.

El equipo se encuentra calibrado.



tem: 5.1.3 Temperatura Inicial del Concreto



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCTC-001-2017**

Peticionario : MIXERCON S.A.  
Atención : Ing. Leonor Nancy Ruiz Panduro  
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima  
Tipo de instrumento : Termómetro con indicación digital  
Alcance de indicación : -50 °C a 150 °C  
Resolución : 0,1 °C  
Marca : Hanna Instruments  
N° de serie : 09C234  
Método de calibración : Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales  
PC 017 - Indecopi - primera edición  
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,4 °C / 71%  
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,7 °C / 71%  
Patrones de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Fluke, modelo 9009, N° de serie B38334, certificado de calibración reporte N° B3815065  
Número de páginas : 2  
Fecha de calibración : 2017-01-27

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-30	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

CCTC-001-2017

Página 1 de 2

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaairl.com email: celda@celdaairl.com

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

TCV (°C)	INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
10,0	10,0	0,0	0,03
20,0	20,0	0,0	0,03
34,9	35,0	-0,1	0,03

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

**TCV = Indicación del termómetro + corrección**

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  que corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



tem: 5.1.6 Fragua de Concreto



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CPC-006-2016**

Peticionario : MIXERCON S.A.  
 Atención : Ing. José Luis Viacava Espinoza  
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima  
 Tipo de equipo : Penetrómetro para determinar tiempos de fraguados  
 Capacidad del equipo : 200 lbf  
 División de escala : 2 lbf  
 Marca : FORNEY  
 Modelo : LA-4110  
 Número de serie : 1235  
 Tipo de indicador de carga : Analógico Wika.  
 Procedencia : USA  
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines".  
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25,4°C / 64%  
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,4°C / 64%  
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8295, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8295F1314  
 Número de páginas : 2  
 Fecha de calibración : 2016-03-02

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-03-07	 Vladimir Tito Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CPC-006-2016

Página 1 de 2

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaairl.com email: celda@celdaairl.com

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión de arriba hacia abajo.

Indicación de fuerza del equipo de ensayo		Indicación de fuerza en celda patrón			Promedio patrón	Error	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(lbf)	1º ascenso (lbf)	2º ascenso (lbf)	3º ascenso (lbf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
10	20	21,4	22,0	21,8	21,7	-8,0	0,3
20	40	40,5	40,2	40,2	40,3	-0,8	0,1
30	60	60,2	60,5	60,2	60,3	-0,5	0,1
40	80	80,5	80,7	80,5	80,6	-0,7	0,1
50	100	100,0	100,7	99,6	100,1	-0,1	0,1
60	120	120,0	120,3	120,5	120,3	-0,2	0,1
70	140	141,0	141,2	141,2	141,1	-0,8	0,1
80	160	160,1	160,3	160,5	160,3	-0,2	0,1
90	180	180,1	180,3	180,3	180,2	-0,1	0,1
100	200	200,5	200,3	200,8	200,5	-0,3	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



## Ítem: 5.1.4. Resistencia a la Compresión



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-002-2017

Peticionario : MIXERCON S.A.  
Atención : Ing. Pedro Badillo Macazana.  
Lugar de calibración : Laboratorio Mixercon Mz. C, Lt. 4. Asoc. La Concordia Km. 17.5 - Panamericana Sur - Planta Villa II  
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial eléctrico-hidráulica  
Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. 6 113 TN)  
División de escala : 0,1 kN  
Marca : ELE - INTERNATIONAL  
Modelo : 36-0650/06  
N° de serie del equipo : 1012000042  
Lector digital : ADR ELE-INTERNATIONAL  
N° de serie lector digital : 1886-1-4578  
Procedencia : USA  
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,2°C / 66%  
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26,3°C / 68%  
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8517B0416  
Número de páginas : 2  
Fecha de calibración : 2017-01-11

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-01-13	 Vladimir Tello Tori TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 89945

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	100	99,6	99,8	99,9	99,7	0,3	0,1
18	200	199,8	199,9	199,8	199,8	0,1	0,1
27	300	300,1	300,1	300,1	300,1	0,0	0,1
36	400	400,0	399,9	399,9	399,9	0,0	0,1
45	500	499,9	500,1	500,1	500,1	0,0	0,1
54	600	599,7	600,1	599,9	599,9	0,0	0,1
63	700	700,3	699,9	700,0	700,1	0,0	0,1
72	800	799,7	799,5	799,9	799,7	0,0	0,1
81	900	900,9	901,2	901,2	901,1	-0,1	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



## **ANEXO 08: PANEL FOTOGRÁFICO**

FOTO 1: UBICACIÓN DEL BOTADERO “LA RAYÓN”



Elaboración: el autor

FOTO 2: FRAGMENTACIÓN DE AGREGADOS



Elaboración: el autor

FOTO 3: CONCRETO RECICLADO



Elaboración: el autor

FOTO 4: TRITURACIÓN DE AGREGADOS



Elaboración: el autor

FOTO 5: EXTRACCIÓN DE AGREGADOS



Elaboración: el autor

FOTO 6: TRANSPORTE DE AGREGADO GRUESO RECICLADO



Elaboración: el autor

FOTO 7: MUESTRA PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO



Elaboración: el autor

FOTO 8: SATURACIÓN DEL AGREGADO POR 24 HORAS



Elaboración: el autor

FOTO 9: PESO DE LA MUESTRA BAJO AGUA



Elaboración: el autor

FOTO 10: SECADO DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO



Elaboración: el autor

FOTO 11: AGREGADO GRUESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO



Elaboración: el autor

FOTOS 12: TAMICES GRANULOMÉTRICOS



Elaboración: el autor

### FOTOS 13: ENSAYO GRANULOMÉTRICO



Elaboración: el autor

### FOTO 14: TARAS Y TAMICES



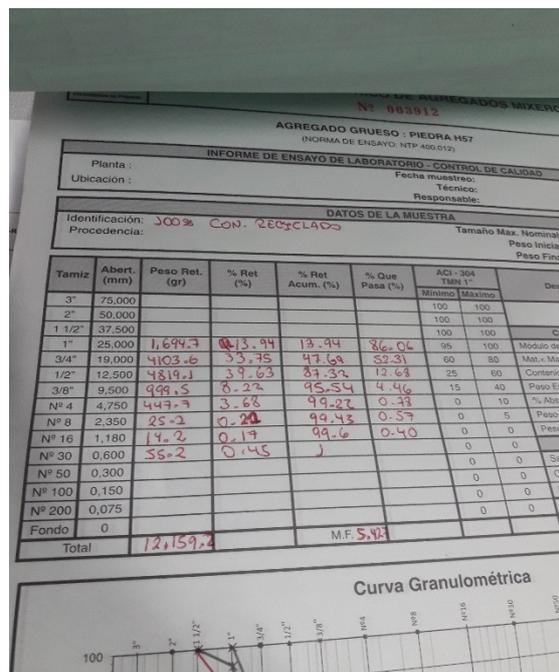
Elaboración: el autor

FOTO 15: COLOCACIÓN EN TARAS



Elaboración: el autor

FOTO 16: LLENADO DE FORMATO GRANULOMÉTRICO



Elaboración: el autor

FOTO 17: MATERIALES PARA UN DISEÑO DE MEZCLA



Elaboración: el autor

FOTO 19: ADITIVOS SIKAMENT, PLASTIMENT Y LOS DISEÑOS DE MEZCLA



Elaboración: el autor

FOTO 18: MEZCLADO DE CONCRETO PATRÓN



Elaboración: el autor

FOTO 19: MEZCLADO CONCRETO 20% DE REEMPLAZO



Elaboración: el autor

FOTO 20: ASENTAMIENTO INICIAL CONCRETO PATRÓN



Elaboración: el autor

FOTO 21: ASENTAMIENTO INICIAL CONCRETO 20%



Elaboración: el autor

FOTO 22: ENSAYO PARA PESO VOLUMÉTRICO



Elaboración: el autor

FOTO 23: PREPARACION DE VIGAS



Elaboración: el autor

FOTO 24: CONTENIDO DE AIRE CONCRETO PATRÓN



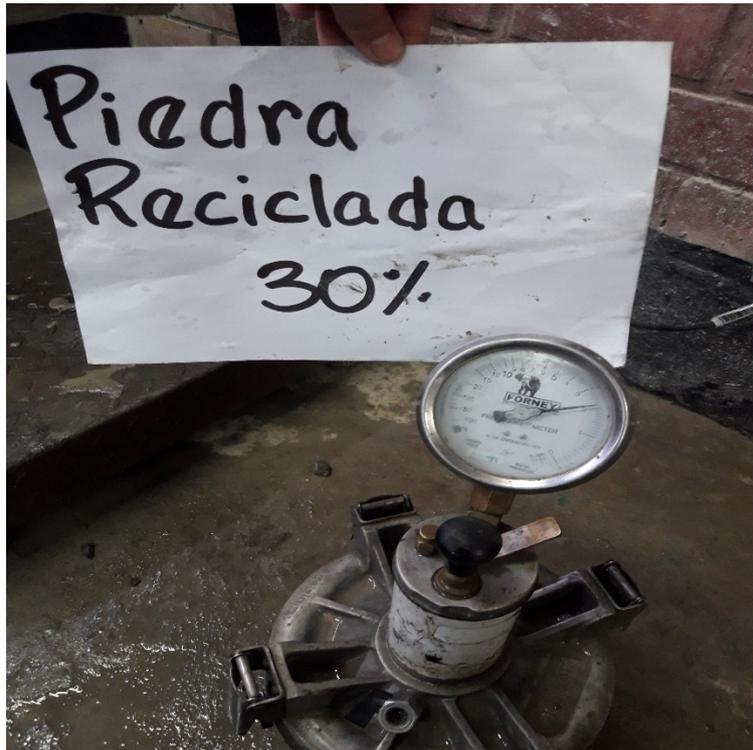
Elaboración: el autor

FOTO 25: CONTENIDO DE AIRE CONCRETO 20%



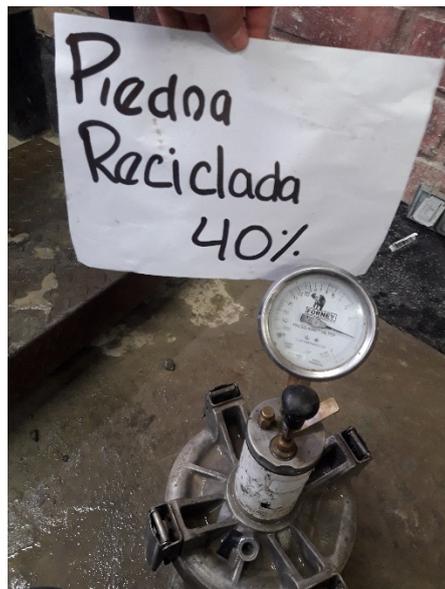
Elaboración: el autor

FOT 26: CONTENIDO DE AIRE 30%



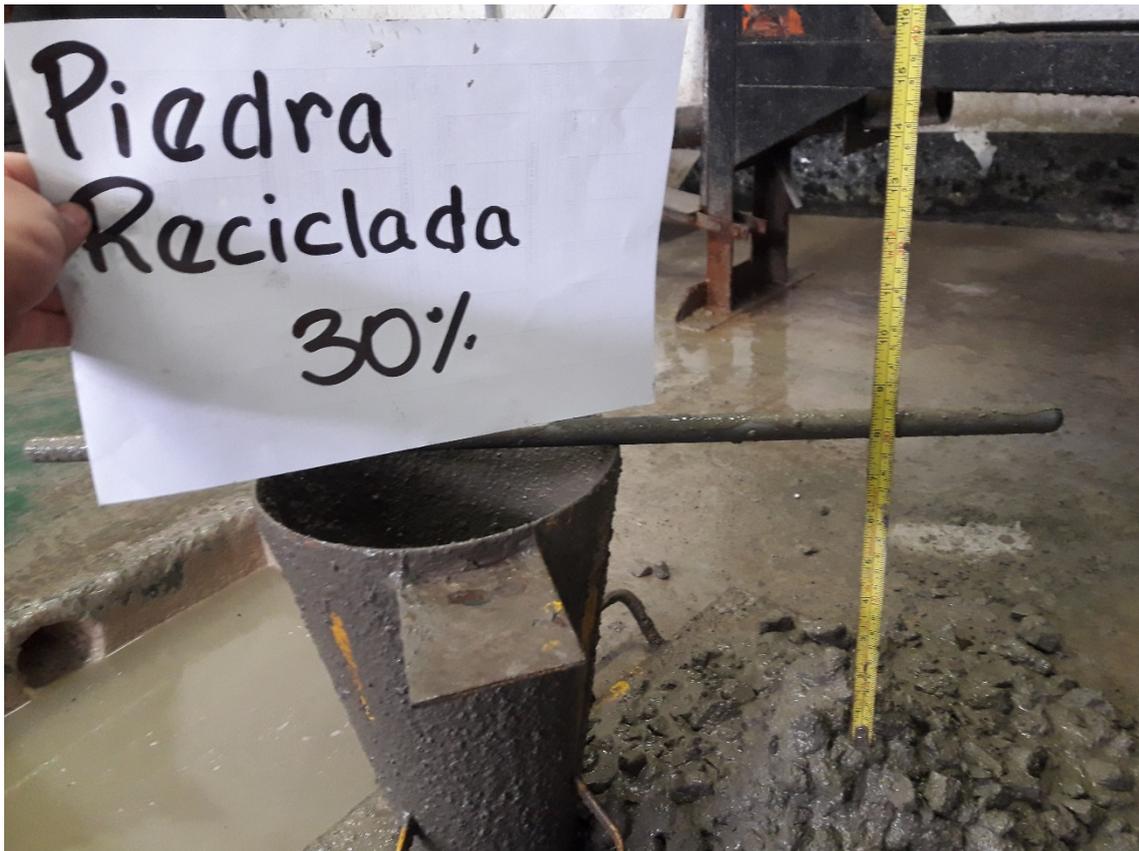
Elaboración: el autor

FOTO 27: CONTENIDO DE AIRE 40%



Elaboración: el autor

FOTO 28: ASENTAMIENTO INICIAL CONCRETO 30%



Elaboración: el autor

FOTO 29: ASENTAMIENTO INICIAL CONCRETO 40%



Elaboración: el autor

FOTO 30: VIGAS DE LOS 4 DISEÑOS



Elaboración: el autor

FOTO 31: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO



Elaboración: el autor

FOTO 32: ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA CONCRETO PATRÓN



Elaboración: el autor

FOTO 33: ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA 20%



Elaboración: el autor

FOTO 34: ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA 30%



Elaboración: el autor

FOTO 35: ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA 40%



Elaboración: el autor

FOTO 36: ENSAYO DE PROBETAS



Elaboración: el autor

FOTO 37: ENSAYO DE PROBETAS



Elaboración: el autor

FOTO 38: ENSAYO DE PENETRACIÓN



Elaboración: el autor

FOTO 39: ROTURA DE PROBETA



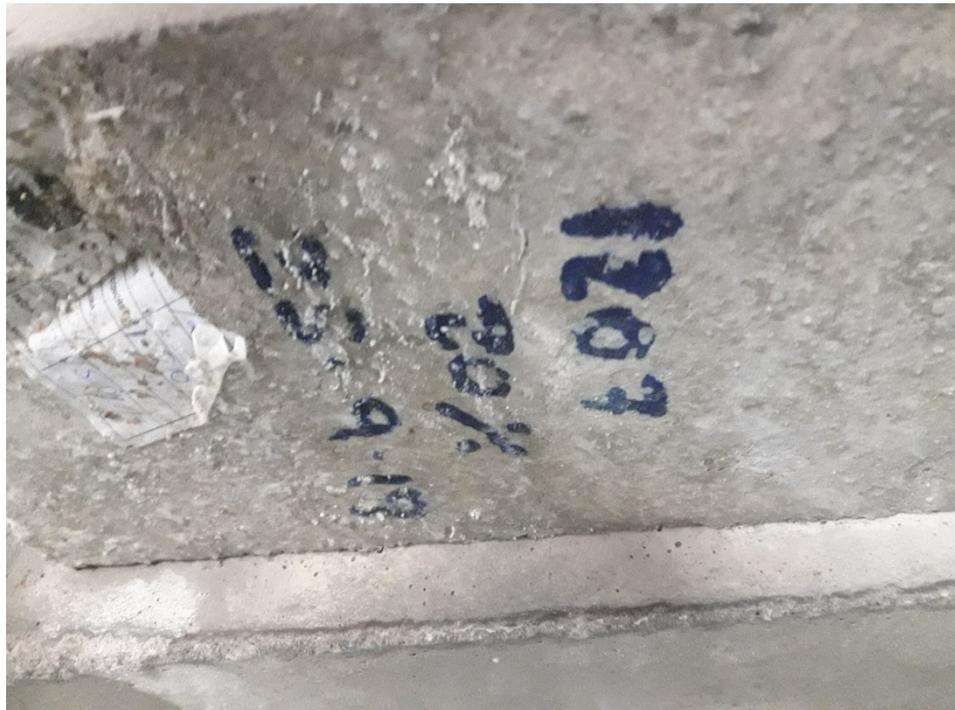
Elaboración: el autor

FOTO 40: ROTURA DE VIGAS CONCRETO PATRÓN



Elaboración: el autor

FOTO 41: ROTURA DE VIGA 20%



Elaboración: el autor

FOTO 42: ROTURA DE VIGA 30%



Elaboración: el autor

FOTO 43: ROTURA DE VIGA 40%



Elaboración: el autor

FOTO 44: VIGA ROTA



Elaboración: el autor

FOTO 45 DISEÑO DE MEZCLA 20%, 30%, 40%



Elaboración: el autor

