

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO PARA  
LIMA METROPOLITANA**

**TESIS**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. LUCIO MARTIN VELASQUEZ PACCO**

**ASESOR: Mg. Ing. LILIANA JANET CHAVARRÍA REYES**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

**DEDICATORIA:**

A Dios, por la vida y la familia que me ha dado.

A mis padres Lucio y Gladys, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida y por ser mi ejemplo de lucha y superación constante.

A mi amada esposa Elizabeth, al ser su amor y comprensión indispensables para alcanzar mis metas.

A mis hijos Gabriel y Facundo, quienes son mi fuerza y motivación para siempre tratar de ser un mejor profesional y una mejor persona.

A mi tía Natividad, por todo su cariño, siempre estará en mi recuerdo.

**RECONOCIMIENTO:**

Quiero comenzar expresando mi más sincero y profundo agradecimiento a mi asesora de Tesis la Ingeniera Liliana Chavarría Reyes, por su continuo respaldo durante todo el tiempo en que se ha llevado a cabo esta Tesis.

De la misma forma a los coordinadores académicos del programa de Titulación por Tesis.

## CONTENIDO

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2 Identificación y formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema principal: .....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	2
1.3.1 Objetivo principal: .....	2
1.3. 2 Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación e importancia de la investigación .....	3
1.5. Limitaciones de la investigación.....	3
1.6 Viabilidad de la Investigación:.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. En el ámbito Nacional.....	5
2.1.2. En el ámbito Internacional .....	6
2.2 Bases teóricas .....	11
2.2.1 Definiciones conceptuales .....	13
2.2.2. Formulación de la Hipótesis .....	18
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....	21
3.1. Tipo de investigación .....	21
3.2. Diseño de investigación .....	21

3.3. Población .....	21
3.4. Técnica de recopilación de datos.....	21
3.4.1. Descripción de instrumentos. ....	21
3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos. ....	22
3.5. Técnica para el procesamiento y análisis de datos.....	22
3.6. Aspectos éticos.....	22
<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADO.....</b>	<b>23</b>
4.1 Análisis e interpretación de los resultados.....	23
4.2. Resultados de la investigación .....	33
Módulo de Finura.....	39
Peso Unitario .....	40
Peso Específico .....	44
Porcentaje de Absorción.....	45
Contenido de Humedad .....	50
Agregado Grueso .....	54
Granulometría.....	54
Peso Unitario .....	59
Peso Específico .....	64
Porcentaje de Absorción.....	65
Contenido de Humedad .....	69
Material que Pasa la Malla N° 200.....	71
4.3 Contrastación de la Hipótesis .....	77
4.4. Discusión .....	94
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>

FUENTES DE INFORMACIÓN.....	97
ANEXOS.....	98
Anexo N°01: Operacionalización de variables.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Propiedades del agregado reciclado.....	8
Tabla 2: Sustancias contaminantes .....	8
Tabla 3: Contenido máximo de sustancias en agua de mezclado .....	17
Tabla 4: Operacionalización de las variables .....	20
Tabla 5: Resultado de ensayos a la compresión a los 3 días. ....	23
Tabla 6: Resultado de ensayos a la compresión a los 7 días. ....	23
Tabla 7: Resultado de ensayos a la compresión a los 14 días .....	23
Tabla 8: Resultado de ensayos a la compresión a los 28 días .....	24
Tabla 9: Resultado de ensayos a la tracción a los 7 días .....	29
Tabla 10 : Resultado de ensayos a la tracción a los 14 días .....	29
Tabla 11 : Resultado de ensayos a la tracción a los 28 días .....	29
Tabla 12 : Análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 1.....	35
Tabla 13: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra N°2.....	36
Tabla 14: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra N°3.....	37
Tabla 15 : Análisis granulométrico del agregado fino – Promedio .....	38
Tabla 16: Modulo de finura del Agregado Fino - Promedio .....	39
Tabla 17 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°1.....	41
Tabla 18 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°2.....	42
Tabla 19 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°3.....	43
Tabla 20: Peso Unitario del Agregado Fino – Promedio .....	44
Tabla 21 : Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°1 .....	46
Tabla 22: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°2.....	47
Tabla 23: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°2.....	48
Tabla 24: Peso Específico del Agregado Fino – Promedio .....	49
Tabla 25 : Contenido de Humedad del Agregado Fino - Promedio.....	51

Tabla 26 : Material que Pasa la Malla #200 del Agregado Fino - Promedio .....	53
Tabla 27 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°1.....	55
Tabla 28 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°2.....	56
Tabla 29 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°3.....	57
Tabla 30: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso - Promedio .....	58
Tabla 31 : Módulo de Finura del Agregado Grueso - Promedio .....	59
Tabla 32 . Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 1 .....	61
Tabla 33 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 2.....	62
Tabla 34 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 3.....	63
Tabla 35 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Promedio .....	64
Tabla 36 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 1 .....	66
Tabla 37 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 2.....	67
Tabla 38 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 3.....	68
Tabla 39 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Promedio.....	69
Tabla 40: Contenido de humedad del agregado grueso .....	70
Tabla 41 : Material que pasa la malla # 200 grueso.....	72
Tabla 42 : Resúmenes de casos.....	77
Tabla 43 : Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad) .....	78
Tabla 44 : Prueba de Normalidad .....	80
Tabla 45 : Resúmenes de casos del ensayo de la Resistencia a la Tracción usando agregado grueso reciclado .....	85
Tabla 46: Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad) .....	86
Tabla 47 : Pruebas de normalidad .....	88
Tabla 48 : Anova Resistencia ala Tracción .....	89
Tabla 49 : Prueba de comparación entre los grupos de análisis: Pruebas post hoc .....	90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistencia a la compresión en 3 días .....	25
Gráfico 2: Resistencia a la compresión en 7 días .....	26
Gráfico 3: Resistencia a la compresión en 14 días .....	27
Gráfico 4 : Resistencia a la compresión en 28 días .....	28
Gráfico 5 : Resistencia a la tracción en 7 días .....	30
Gráfico 6 : Resistencia a la tracción en 14 días .....	31
Gráfico 7 : Resistencia a la tracción en 28 días .....	32
Gráfico 8 : Medias Aritméticas: .....	83
Gráfico 9 : de la caja de resistencia a la compresión .....	84
Gráfico 10: de las medias aritméticas de la resistencia a la tracción .....	91
Gráfico 11 : de caja de la resistencia a la tracción .....	92

## RESUMEN

En la actualidad en gran parte del mundo se viene proponiendo e impulsando las políticas ambientales que puedan reducir el problema de la degradación de los recursos naturales a la que está siendo sometido el planeta. A tal efecto se plantea la realización de esta investigación para tratar de determinar el grado de influencia en las propiedades físicas del concreto fabricado con agregados reciclados procedentes de la trituración. La variable seleccionada para la investigación ha sido: el porcentaje de sustitución del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado en la dosificación del concreto. El objetivo general de la investigación es analizar en qué medida la cantidad de agregado grueso reciclado usado en la dosificación de la mezcla influye en las propiedades mecánicas del concreto. El tipo de investigación fue básica y cualitativa, la metodología. Se usó una metodología experimental y transversal. El análisis de los resultados experimentales indican que la resistencia a la compresión y a la tracción no se ven afectadas notoriamente al reemplazar el 20% de agregado natural, en un mayor porcentaje de reemplazo, la resistencia empieza a decaer directamente proporcional a un mayor porcentaje de agregado reciclado.

**Palabras Claves:** Agregado grueso reciclado, agregado grueso natural, concreto reciclado, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción.

## ABSTRACT

Today in much of the world has been proposing and promoting environmental policies that can reduce the problem of the degradation of natural resources that the planet is undergoing. For this purpose the realization of this research to try to determine the degree of influence on the physical properties of concrete made with recycled aggregate from crushing arises. The selected research variable was the percentage of coarse natural aggregate replacement by recycled coarse aggregate concrete proportions. The overall objective of the research is to analyze to what extent the amount of recycled coarse aggregate used in the dosage of the mixture influences the mechanical properties of concrete. The research was basic and qualitative methodology. An experimental and transversal approach was used. Analysis of the experimental results indicate that the compressive strength and tensile strength are not affected noticeably by replacing 20% of natural aggregate, a higher percentage replacement, resistance begins to drop directly proportional to a higher percentage of added recycling.

**Keywords:** Added recycled coarse, coarse natural aggregate, recycled concrete, compressive strength, tensile strength.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una utilización masiva de los recursos naturales por el hombre para su propio provecho y esto ha sido una constante a través de los tiempos, colaborando de manera inconsciente en la degradación paulatina de su entorno y en el progresivo deterioro del medio natural en el que desarrolla sus actividades. Por lo que existe una obvia necesidad de establecer políticas encaminadas al mejor aprovechamiento de dichos recursos y a su reutilización, en los casos en que sea posible.

La generación de Residuos de Construcción y Demoliciones va estrechamente ligada a la actividad constructiva, aunque en la mayoría de los casos el volumen de los mismos se produce como consecuencia de derribos de edificaciones e infraestructuras que agotaron su vida útil o quedaron obsoletas.

La mayor parte de estos residuos se depositan en vertederos, con frecuencia incontrolados, provocando un considerable impacto visual debido a la gran cantidad de espacio que ocupan y al escaso control ambiental de los terrenos en que se depositan. Su importante volumen hace que su gestión, valorización y reciclaje sea un una tarea de creciente interés.

La presente investigación tiene la idea de dar mayores alcances sobre el estudio de concreto reciclado, así como definir los parámetros que puedan influir en sus propiedades mecánicas, se analizará la posible influencia del porcentaje de sustitución del agregado grueso.

El desarrollo de este trabajo responde a la evidente necesidad de buscar alternativas para controlar la explotación y degradación de los recursos naturales.

A continuación se presentará el planteamiento del problema, marco teórico, diseño metodológico, la presentación de resultados y finalmente la discusión de conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

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

Actualmente existe una carencia de tierra para la eliminación de desechos y a eso se le suma el costo del tratamiento de los desechos antes de su eliminación, además de la constante búsqueda de la protección ambiental y la protección de recursos de agregados naturales, son los principales factores responsables del interés creciente en el reciclado del concreto de desecho, como agregado para la elaboración de concreto nuevo.

### **1.2 Identificación y formulación del Problema**

#### **1.2.1 Problema principal:**

¿En qué medida la cantidad de agregado grueso reciclado usado en la dosificación de la mezcla influye en la calidad del concreto reciclado?

#### **1.2.2 Problemas específicos:**

¿En qué medida el porcentaje del agregado triturado usado influye en las propiedades del concreto reciclado para Lima Metropolitana?

Se cree que las mezclas de prueba podrán establecer como se influye en la resistencia a la compresión y tracción del concreto reciclado para Lima Metropolitana.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo principal:**

- Analizar en qué medida la cantidad de agregado grueso reciclado usado en la dosificación de la mezcla influye en las propiedades mecánicas del concreto.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Definir el porcentaje del agregado triturado para optimizar las propiedades del concreto reciclado para Lima Metropolitana.

- Comparar las mezclas de prueba para establecer cómo se influye en la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto reciclado para Lima Metropolitana.

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

La presente investigación busca proporcionar un análisis del comportamiento mecánico del concreto reciclado. Ya que por la experiencia de otros países, este tipo de concreto ahorra costos, espacio en botaderos, reduce la necesidad de explotación de agregado procedente de las canteras y sobre todo contribuye a disminuir la contaminación provocada por los desechos de las demoliciones.

En zonas donde existe una baja disponibilidad de agregados vírgenes o su costo es alto, reciclar es una opción viable a tomar en cuenta.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

Los datos obtenidos en esta investigación, describirá el comportamiento mecánico del concreto reciclado, y este concreto reciclado se elabora usando agregado reciclado proveniente de concretos que tengan una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

El agregado reciclado será proporcionado por el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Ricardo Palma.

El presente proyecto de investigación no presenta limitaciones.

#### **1.6 Viabilidad de la Investigación:**

La presente investigación, es viable ya que se utilizará el agregado reciclado, producto de las probetas obtenidas del laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Ricardo Palma.

Además de que el tiempo programado para llevar a cabo es el adecuado para la elaboración y la culminación de la investigación.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

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

#### **2.1.1. En el ámbito Nacional**

- **Ponce Portocarrero Cesar Paulino (Lima - 2014):**

En los últimos años, el sector de la construcción ha alcanzado unos índices de actividad muy elevados configurándose como una de las claves del crecimiento de la economía. Esta situación ha provocado un auge extraordinario de la generación de residuos procedentes tanto de la construcción de infraestructuras así como de demolición. Dichos residuos forman la categoría denominada "residuos de construcción y demolición".

Estos residuos son la fuente de donde se extrae mediante ciertos procedimientos, el agregado reciclado. La causa principal por la que no se usa masivamente el agregado reciclado, son las propiedades ligeramente menos eficaces que presenta frente al agregado natural, lo que conlleva unas menores prestaciones del concreto reciclado. Los materiales usados en la presente investigación son: cemento Sol tipo I, los agregados naturales utilizados fueron: arena y agregado grueso, ambos para la muestra patrón. Los agregados reciclados se obtuvieron de la trituración de probetas cilíndricas de concreto. La etapa experimental incluyó el ensayo de agregados, fluidez, tiempo de fragua asentamiento, densidad del concreto fresco, resistencia a compresión axial y absorción de agua.

- **Gerson Alfredo Anicama Acosta (Lima-2010)**

En el actual contexto "ecológico" de la minería moderna, uno de los principales problemas que tiene la industria es la adecuada disposición y almacenaje de los subproductos del procesamiento de los minerales, comúnmente denominados "relaves".

A diferencia de las escorias que son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales, los relaves mineros no son tan utilizados y se desconocen sus posibles aplicaciones.

El impacto en costos tanto económicos como sociales del manejo de estos materiales, cobra tal importancia que cualquier alternativa que permita reciclar o reutilizar el material sin afectar al medio ambiente reduciría la contaminación y generaría menores costos; siendo de gran interés para las operaciones de las constructoras en general.

### **2.1.2. En el ámbito Internacional**

- **Concreto reciclados en EEUU:**

Aunque no existen normas específicas al respecto si existen otras que se utilizan como base para determinar las propiedades de los agregados reciclados. Actualmente el comité 555 de ACI elabora un documento para normalizar la utilización de agregados reciclados en hormigón. Cabe reseñar que dichos agregados se clasifican según las siguientes categorías

- a) Residuos triturados procedentes de demoliciones. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y que contienen cierto porcentaje de otros elementos contaminantes.
- b) Residuos de demolición clasificados y limpios. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y sin presencia de otros elementos contaminantes.
- c) Residuos cerámicos limpios. Son restos de ladrillos triturados y clasificados que contienen menos del 5% de hormigón, materiales pétreos u otros contaminantes.
- d) Residuos de hormigón limpios. Son restos de hormigones triturados y clasificados que contienen menos del 5% de restos de ladrillo, materiales pétreos u otros contaminantes.

A todos ellos se les exige, cuando vayan a ser utilizados en la producción de hormigón, que posean la dureza adecuada para conseguir la resistencia a compresión deseada, que no provoquen reacciones indeseables con otros

componentes de la mezcla y que su granulometría y forma sean las adecuadas para obtener una buena trabajabilidad con ellos.

En función de su uso se clasifican en:

- 1) Agregados para rellenos en general. Las cuatro categorías anteriores pueden utilizarse con dicho fin.
- 2) Agregados para drenajes. Las cuatro categorías son adecuadas para emplearse con esta finalidad.
- 3) Agregados para bases y sub-bases de carreteras. Las categorías b, c y d son adecuadas para esos fines.
- 4) Agregados para la fabricación de hormigón. Aunque las categorías b y c pueden emplearse en hormigones de dosificación es la categoría de la más adecuada para esta finalidad.

- **Concreto reciclado en Japón:**

En Japón los agregados reciclados se clasifican en tres categorías. El agregado reciclado de mayor calidad se le denomina con la letra H, el de calidad intermedia con la letra M y el de más baja calidad con la letra L. Con el primero de ellos se consiguen las mejores prestaciones en la fabricación de hormigón. Quedan regulados, respectivamente, por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 puestas en circulación entre los años 2005 y 2007[50,51].

La clasificación en una u otra categoría se basa en los requisitos exigidos a sus propiedades físicas, a la reactividad álcali-agregado y al contenido de impurezas que contengan.

En la *tabla 1* y la *tabla 2* se especifican a modo de ejemplo los estándares de calidad requeridos para los áridos reciclados de más alta calidad (clase H).

**Tabla 1 : Propiedades del agregado reciclado**

PROPIEDAD	AG	AF
Densidad en seco (kg/m <sub>3</sub> )	≥2500	≥2500
Absorción %	≤3%	≤3%
Abrasión %	≤35%	-
% que pasa por el tamiz de 75 μm	≤1%	≤7%
Contenido de ion cloruro	≤0,04%	≤0,04%

**Tabla 2: Sustancias contaminantes**

Sustancias contaminantes	% en peso
Baldosas, ladrillo, cerámica, asfalto	2,0
Vidrio	0,5
Yeso	0,1
Otras sustancias inorgánicas	0,5
Plásticos	0,5
Madera, papel	0,1

- **Concreto reciclado en Australia**

En 2002, el Ministerio de Medio Ambiente y Patrimonio en colaboración con el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) elaboró una guía nacional para la utilización de hormigón reciclado en aplicaciones no estructurales. En dicha guía los áridos reciclados se clasifican en áridos reciclados de clase 1 y de clase 2. Los primeros son los que se utilizan en la fabricación de hormigón ya que las limitaciones establecidas en sus propiedades físicas son muy parecidas a las de los áridos naturales.

Los áridos reciclados de segunda clase se utilizan como material de relleno y como bases y sub-bases en carreteras y pavimentación. Se les exige[46] a ambos una absorción inferior al 6% y una densidad mínima de 2100 kg/m<sup>3</sup>.

- **Concreto reciclado en la Comunidad Europea**

Existen distintas normas nacionales que emanan de los países que componen la comunidad Europea, con cierta variedad en cuanto a la clasificación de los áridos reciclados.

En Alemania la norma DIN 4226-100 clasifica los áridos reciclados en cuatro categorías diferentes:

TIPO 1: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 10%.

TIPO 2: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales en con un porcentaje mínimo del 70%. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 30%.

TIPO 3: Son áridos que en su mayoría proceden de residuos cerámicos en una proporción mínima del 80%. Presentan un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o áridos minerales del 20%.

TIPO 4: Son áridos que en su mayoría proceden de una mezcla de agregados reciclados con un contenido mínimo del 80% de material procedente de hormigón, áridos minerales o productos cerámicos.

RCA: Árido reciclado procedente de residuos de hormigón con un contenido máximo de impurezas como material cerámico, partículas ligeras, asfalto, vidrio, plástico, etc, del 17%. La resistencia máxima recomendable del hormigón fabricado con este tipo de árido no superará los 40 N/mm<sup>2</sup>.

RA: Árido reciclado procedente de materiales cerámicos o mezclado con hormigón. El contenido de materiales cerámicos puede ser del 100%. Se utiliza en hormigones pobres con resistencias a compresión que no llegan a los 20 N/mm<sup>2</sup>

La RILEM (International unión of laboratories and experts in construction materials, systems and estructuras) distingue tres tipos de áridos reciclados .

TIPO I: Áridos procedentes mayoritariamente de fábrica de ladrillo.

TIPO II: Áridos procedentes mayoritariamente de residuos de hormigón con un contenido máximo de residuos cerámicos del 10%.

TIPO III: Áridos compuestos por una mezcla de áridos naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por un 10% como máximo de áridos tipo I o un hasta un 20% de áridos tipo II.

- **Bedoya Montoya, Carlos Mauricio (Colombia-2003)**

Aspectos tales como la factibilidad técnica y económica del concreto reciclado con escombros, como material competitivo en el sector de la construcción son analizados a fin de validar el presupuesto teórico de una construcción sostenible. Normalmente los escombros en una ciudad, generan cuestionamientos sobre la forma como son manejados y se deben plantear modelos alternativos sostenibles. La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Muchos países, que van desde los más industrializados como Holanda o Dinamarca, a otros en vías de desarrollo como Bangladesh, experimentan a partir de estas prácticas el ahorro de recursos naturales. Incluso países como Kuwait se dieron cuenta de sus demandas para comenzar a aplicar técnicas de reciclaje. En este último país, tras la ocupación de 1990 – 1991, se viene dando un especial incremento del tratamiento y reciclaje de grandes cantidades de residuos de la construcción. Esta demanda de reciclaje de materiales es común en todos los lugares donde los edificios y las instalaciones han sido dañados a causa de guerras, terremotos u otros desastres naturales.

Desde el punto de vista ambiental, el reciclaje de escombros es bastante atractivo porque aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y evita la degradación de recursos naturales no renovables; pero, desde el punto de vista netamente económico, el concreto reciclado resulta atractivo cuando el producto es competitivo con otros materiales en relación al costo y a la calidad. Los materiales reciclados son normalmente competitivos donde existe dificultad para obtener materias primas y lugares de depósito adecuados. Con el uso de los materiales reciclados, se pueden obtener grandes ahorros en el transporte de residuos de la construcción y de materias primas. Esto se puede notar especialmente en las áreas urbanas o en los proyectos de construcción donde se pueden reunir la demolición y la nueva obra, también donde es factible reciclar una gran cantidad de escombros en el mismo lugar de trabajo o en las cercanías.

## **2.2 Bases teóricas**

En vista de que no existe una normativa o procedimiento aceptado para la utilización de agregado reciclado en el país, esta tesis las normativas generales para la preparación del concreto patrón, a continuación se mencionan las más importantes:

- **NTP 400.012.** (*Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global*)

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que se exijan en cada caso y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados.

Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

- **SLUMP ASTM C143** (*Standard Test Method for Slump of Hydraulic – Cement Concret*)

El método cubre la determinación del asentamiento del hormigón tanto en el laboratorio como en el campo. Consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón.

Este ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar un método de monitoreo o control de la consistencia del concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado debido al incremento proporcional del contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto esta inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

- **ASTM C39** (*Standard Test Method for compressive strength of cylindrical concrete specimen*)

Esta práctica cubre la determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos, sean estos moldeados, o núcleos obtenidos por extracción.

El esfuerzo a la compresión del espécimen es calculado dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la cara axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de forma y el tamaño del

espécimen, la pasta del cemento, los procedimientos de mezcla, los métodos de muestreo, fabricación y la edad y las condiciones de humedad durante el curado.

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

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple.

Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con esta Norma.

Lo establecido en esta Norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia.

Para estructuras especiales tales como arcos, tanques, reservorios, depósitos, silos, chimeneas y estructuras resistentes a explosiones, las disposiciones de ésta Norma regirán en lo que sean aplicables.

### **2.2.1 Definiciones conceptuales**

#### **Agregado Fino:**

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes; libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas para el concreto.

El agregado fino que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis, es arena adquirida en la tienda SODIMAC ubicada en la Av. Circunvalación 1801 San Juan de Miraflores.

**Agregado Grueso:**

Se define como agregado grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.012 ó ASTM C 33.

El agregado grueso que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis, es agregado adquirido en la tienda SODIMAC ubicada en la Av. Circunvalación 1801 San Juan de Miraflores.

**Agregados Reciclados:**

Son el producto resultante del tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) y constituyen una alternativa al empleo de los agregados naturales.

El material reciclado puede obtenerse de distintas maneras dependiendo el chancado que se utilice para producirlo.

Para esta tesis el agregado reciclado se obtuvo del chancado de probetas de resistencia  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  del laboratorio de materiales de la Universidad Ricardo Palma (Lima), con una chancadora primaria y luego se complementó con un chancado manual y posterior tamizado.

**Cemento Portland:**

Según la norma ASTM C-150, el cemento Portland es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio (yeso).

La norma ASTM C-150 clasifica el cemento Portland en cinco diferentes tipos de acuerdo a las propiedades de los cuatro compuestos principales: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V.

Se presenta en forma de un polvo finísimo, de color gris que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece tanto bajo agua como en el aire. La primera de estas características es que necesita agua para el fraguado y se define como un aglomerante hidráulico.

Es obtenido mediante un proceso de fabricación que utiliza principalmente dos materias primas: una caliza, con un alto contenido de cal en forma de óxidos de calcio, y un componente rico en sílice, constituido normalmente por arcilla o eventualmente por una escoria de alto horno.

Estos componentes son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión incipiente en un horno rotatorio, del cual se obtiene un material granular denominado clinker, constituido de 4 compuestos básicos:

a) Silicato Tricálcico  $C_3S$  (30% a 60%)

Define la resistencia inicial en la primera semana y tiene mucha importancia en el proceso de hidratación.

b) Silicato Dicálcico  $C_2S$  (15% a 37%)

Define la resistencia a largo plazo y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico  $C_3A$  (7% a 15%)

Acelera el endurecimiento en las primeras horas, también es responsable de la resistencia del cemento y los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas.

d) Aluminio-Férrico Tetracálcico  $C_4AF$  (8% a 10%)

Tiene la trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Estos son presentados en forma de cuatro fases mineralizadas, en conjunto con una fase vítrea, integrada por los dos últimos. Estas fases constituyen un 95% del peso total del clinker, siendo el 5 % restante componentes menores, principalmente óxidos de sodio, potasio, titanio, residuos insolubles y otros.

Características del Cemento Sol Tipo I

En la presente tesis se hizo uso del cemento Pórtland Tipo I, marca “SOL”, el cual tiene como calidad la norma ASTM C – 150 y la NTP 334.009. Este tipo de cemento es de uso general en la construcción, donde no se requiere que el cemento tenga alguna propiedad particular.

### **Agua de mezclado:**

Se entiende por agua de mezclado a la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación agua/cemento ( $a/c$ ) y está compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

El agua de amasado cumple una doble función en el concreto; por un lado permite la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayor del 1%, agua que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados, igualmente aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o la durabilidad del concreto o sobre las armaduras.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elemento embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

Requisitos y normas:

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma N.T.P. 339.088 y ser de preferencia, potable. Se considerarán aptas para el mezclado del concreto el empleo de aguas no potables cuyas propiedades y contenidos en sustancias disueltas sean como máximo lo indicado en la *tabla 3*:

**Tabla 3: Contenido máximo de sustancias en agua de mezclado**

REQUISITOS	UNIDAD	MÁXIMO
Cloruros	ppm	300
Sulfatos	ppm	300
Sales de magnesio	ppm	125
Sales solubles	ppm	500
PH		Mayor de 7
Sólidos en suspensión	ppm	500
Materia orgánica expresada en oxígeno	ppm	10

#### **Dosificación del concreto:**

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto a fin de obtener la trabajabilidad, resistencia y durabilidad requerida.

La dosificación debe basarse en múltiples factores tales como:

- 1) Que elementos se van a vaciar;
- 2) Qué condiciones ambientales deberán soportar (humedad);
- 3) Que materiales;
- 4) Procedimientos de mezclado;
- 5) Colocación;
- 6) Que curado se van a emplear en la obra, etc.

Se han desarrollado numerosos métodos de dosificación.

### **Concreto reciclado**

Es el concreto que se elabora usando entre sus componentes material reciclado producto de las demoliciones u otros.

### **Resistencia a la compresión del concreto:**

Por medio de probetas de concreto preparadas se ensayan, fracturándolas en una máquina de ensayo de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste la carga.

### **Trabajabilidad:**

Se define como la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manipular una cantidad de mezcla de concreto fresco.

## **2.2.2. Formulación de la Hipótesis**

### **2.2.2.1 Hipótesis general:**

- El uso del agregado grueso reciclado en la dosificación de la mezcla, no influirá en la calidad del concreto reciclado.

### **2.2.2.2 Hipótesis específica**

- Al variar el porcentaje de agregado triturado en la mezcla se mantendrán las propiedades de concreto reciclado.
- La realización de mezclas de prueba de concreto reciclado podrá establecer que la resistencia a la compresión y a la tracción no se verá afectada.

### **2.2.2.3. Variables**

#### **Variable Independiente:**

- Cantidad de agregado grueso reciclado.

**Variable Dependiente:**

- Calidad del concreto

**2.2.2.4 Indicadores:****Indicadores variable independiente:**

1. Porcentaje de agregado triturado
2. Mezcla de prueba

**Indicadores variable dependiente:**

2. Propiedades del concreto reciclado
3. Resistencia a la compresión y tracción del concreto

**2.2.2.5 Operacionalización de las variables**

A continuación la *tabla N°4* presenta la Operacionalización de las variables.

**Tabla 4: Operacionalización de las variables**

<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIBLE</b>	<b>DIMENSIONES</b>
Hipótesis general	V.I.	
	Agregado grueso reciclado	Proporción en peso de los materiales
	V.D.	
Hipótesis específica 1	Calidad de Concreto	Kg/cm <sup>2</sup>
	V.I.	
	Porcentaje de agregado triturado	Proporción en peso de los materiales
Hipótesis específica 2	V.D.	
	Propiedades del concreto reciclado	Kg/cm <sup>2</sup>
	V.I.	
Hipótesis específica 2	Mezcla de prueba	Proporción en peso de los materiales
	V.D.	
	Resistencia a la compresión y a la tracción	Kg/cm <sup>2</sup>

## **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es básica, ya que investiga la relación existente entre la variable independiente que es el porcentaje de agregado reciclado y la variable dependiente que son las propiedades mecánicas del concreto y a la vez cualitativa porque se interpretaron los resultados de los ensayos realizados lo cual nos hizo comprender el efecto que tiene la variable sobre las propiedades del concreto.

### **3.2. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental, ya que los resultados fueron tomados de los ensayos realizados en el laboratorio para esta investigación.

También es transversal ya que se analiza las propiedades del concreto reciclado en un momento dado.

### **3.3. Población**

Se consideró una población de 126 probetas cilíndricas de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro y 20 cm (8 pulgadas) de altura de concreto en 6 grupos de 21 probetas cilíndricas con distintos porcentajes de agregado reciclado en su dosificación.

### **3.4. Técnica de recopilación de datos**

#### **3.4.1. Descripción de instrumentos.**

Se realizó un análisis documental, valiéndome de libros e información de internet de distintos estudios relacionados con el tema de la presente tesis, documentos de origen nacional e internacional.

También fue usada técnica fue de observación de campo, de las propiedades del agregado reciclado, concreto reciclado fresco y endurecido.

### **3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos.**

Para realizar los ensayos de compresión y de tracción de las probetas que son parte de esta investigación, se usó la prensa digital Modelo AUTO-TEK seri 500 LB a 220 volt. Calibrada el 24 de abril del 2015.

### **3.5. Técnica para el procesamiento y análisis de datos**

#### **Análisis estadístico de la resistencia a la compresión y tracción obtenida de concreto con porcentaje de agregados reciclado variable.**

Para analizar los resultados de la resistencia a la compresión y a la tracción de concreto con agregado reciclado, a distintas edades (3, 7, 14 y 28 días en el caso de compresión, 7, 14 y 28 para los ensayos de tracción. Para realizar la comparación de los diferentes tipos de concreto y observar las diferencias existentes usaremos la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov y Shapiro -Wilk que es una prueba paramétrica que se utiliza para comparar las medias aritméticas de dos o más poblaciones independientes.

### **3.6. Aspectos éticos**

Los resultados de la presente investigación han sido tomados respetando las normas y lineamientos éticos que exige la elaboración de una tesis.

Por lo que se reafirma que toda la información que contiene la investigación es fidedigna.

## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADO

### 4.1 Análisis e interpretación de los resultados

#### Ensayos de Compresión:

Se realizaron ensayos de compresión a 4 edades (3, 7, 14 y 28 días), y se reemplazó el agregado grueso natural por agregado reciclado partiendo de un diseño patrón, y luego reemplazándolo el árido en 5 porcentajes (20%,40%, 60%, 80% y 100%).

La resistencia a la compresión en las 4 edades se presentan en la *tabla 5*, *tabla 6*, *tabla 7* y *tabla 8*, que se presentan a continuación:

**Tabla 5: Resultado de ensayos a la compresión a los 3 días.**

3 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
162.40	146.90	153.60	135.40	133.60	134.50
163.30	156.60	127.30	126.00	129.10	124.20
159.80	160.70	150.00	135.80	127.40	130.00

**Tabla 6: Resultado de ensayos a la compresión a los 7 días.**

7 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
208.70	200.10	156.90	176.80	162.00	200.90
201.90	203.70	170.00	170.80	154.60	167.90
210.20	214.50	166.50	188.40	146.70	145.00

**Tabla 7: Resultado de ensayos a la compresión a los 14 días**

14 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
274.50	262.30	243.20	250.10	213.10	200.50
268.80	284.00	236.10	240.50	228.50	211.70
269.10	265.40	252.30	246.70	189.30	204.10

**Tabla 8: Resultado de ensayos a la compresión a los 28 días**

28 días					
<b>PATRON</b>	<b>20% A.R.</b>	<b>40% A.R.</b>	<b>60% A.R.</b>	<b>80% A.R.</b>	<b>100% A.R.</b>
307.90	308.60	284.70	256.10	239.40	238.30
276.80	296.40	284.10	224.40	232.90	243.30
276.60	292.70	279.10	270.20	222.70	239.40

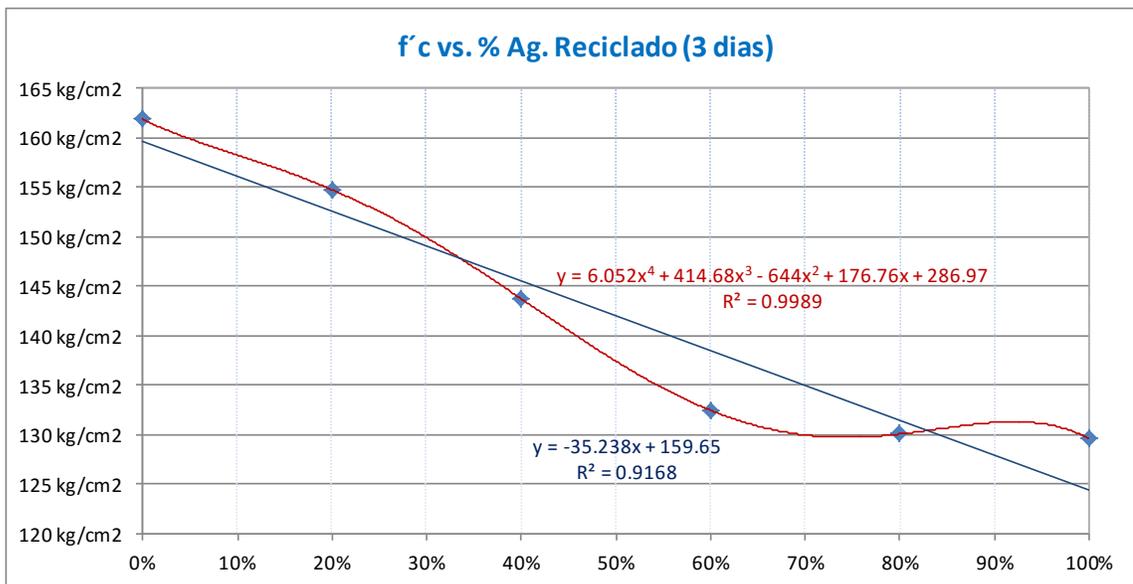
A continuación se realizará el análisis de cómo es afectada la resistencia a la compresión del concreto, al reemplazar el agregado natural por agregado reciclado (*Grafico 1, Grafico 2, Grafico 3 y Grafico 4*).

## Gráfico 1: Resistencia a la compresión en 3 días

GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 3 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%

	COMPRESION		
	3 dias		
	f'c (1)	f'c (2)	f'c (3)
<b>PATRON</b>	162.40	163.30	159.80
<b>20% A.R.</b>	146.90	156.60	160.70
<b>40% A.R.</b>	153.60	127.30	150.00
<b>60% A.R.</b>	135.40	126.00	135.80
<b>80% A.R.</b>	133.60	129.10	127.40
<b>100% A.R.</b>	134.50	124.20	130.00

PROMEDIO	
3 dias	
% A.R.	f'c
0%	<b>161.83</b>
20%	<b>154.73</b>
40%	<b>143.63</b>
60%	<b>132.40</b>
80%	<b>130.03</b>
100%	<b>129.57</b>



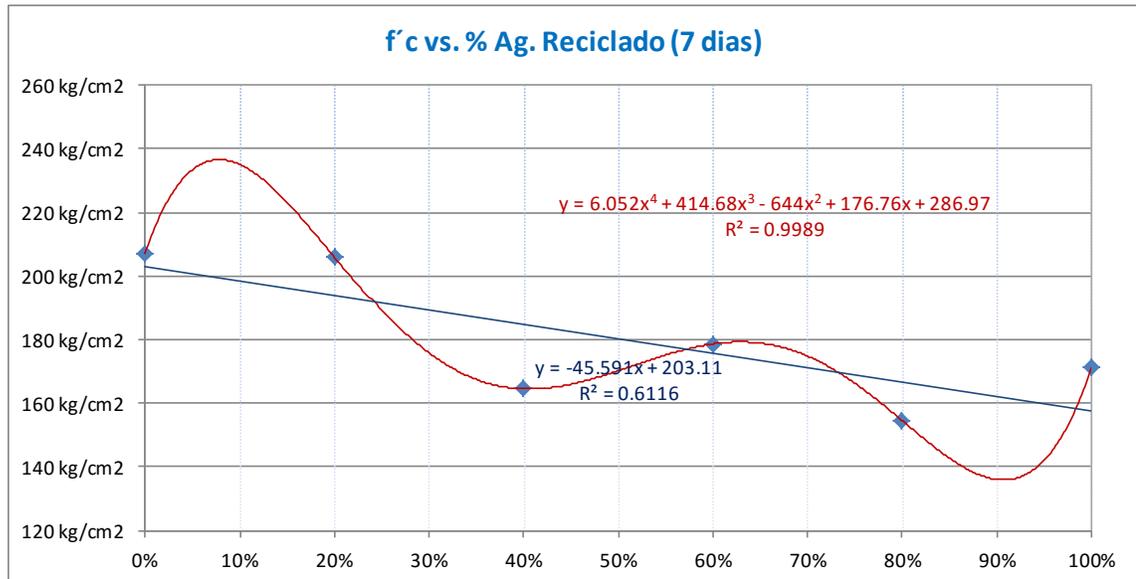
Se puede visualizar que la resistencia a la compresión a 3 días es menor al aumentar el porcentaje de agregado reciclado en mezcla de prueba.

## Gráfico 2: Resistencia a la compresión en 7 días

GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 7 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%

	COMPRESION		
	7 dias		
	f'c (1)	f'c (2)	f'c (3)
<b>PATRON</b>	208.70	201.90	210.20
<b>20% A.R.</b>	200.10	203.70	214.50
<b>40% A.R.</b>	156.90	170.00	166.50
<b>60% A.R.</b>	176.80	170.80	188.40
<b>80% A.R.</b>	162.00	154.60	146.70
<b>100% A.R.</b>	200.90	167.90	145.00

PROMEDIO	
7 dias	
% A.R.	f'c
0%	<b>206.93</b>
20%	<b>206.10</b>
40%	<b>164.47</b>
60%	<b>178.67</b>
80%	<b>154.43</b>
100%	<b>171.27</b>



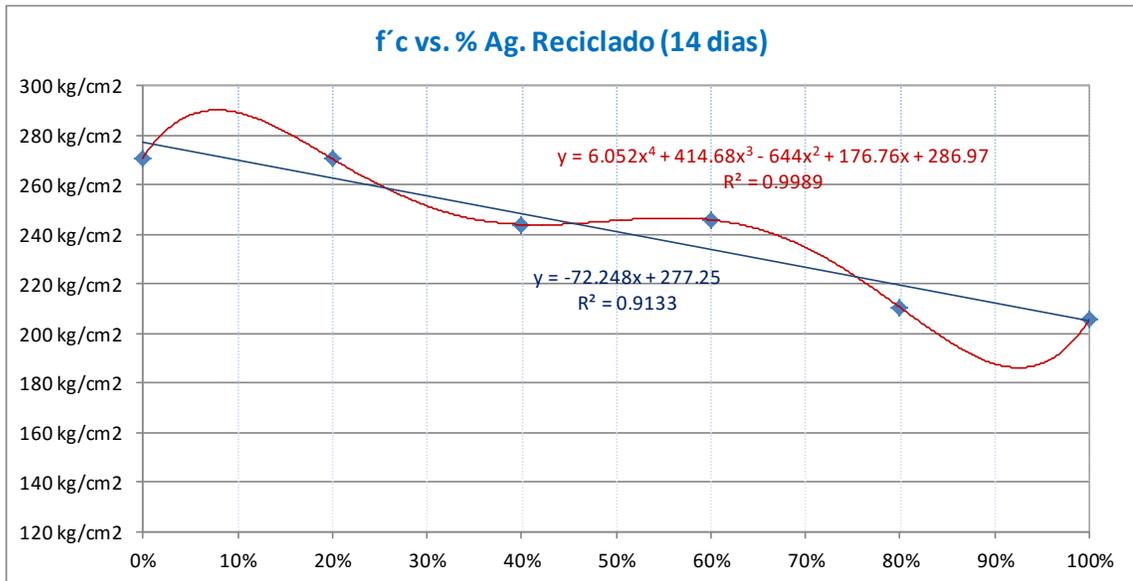
Se puede visualizar que la resistencia a la compresión a 7 días en la mezcla con 0% y 20% muestra una resistencia semejante, a partir de la resistencia de la mezcla con 40%, la resistencia es menor.

### Gráfico 3: Resistencia a la compresión en 14 días

**GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 14 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%**

	COMPRESION		
	14 dias		
	f'c (1)	f'c (2)	f'c (3)
<b>PATRON</b>	274.50	268.80	269.10
<b>20% A.R.</b>	262.30	284.00	265.40
<b>40% A.R.</b>	243.20	236.10	252.30
<b>60% A.R.</b>	250.10	240.50	246.70
<b>80% A.R.</b>	213.10	228.50	189.30
<b>100% A.R.</b>	200.50	211.70	204.10

PROMEDIO	
14 dias	
% A.R.	f'c
0%	<b>270.80</b>
20%	<b>270.57</b>
40%	<b>243.87</b>
60%	<b>245.77</b>
80%	<b>210.30</b>
100%	<b>205.43</b>



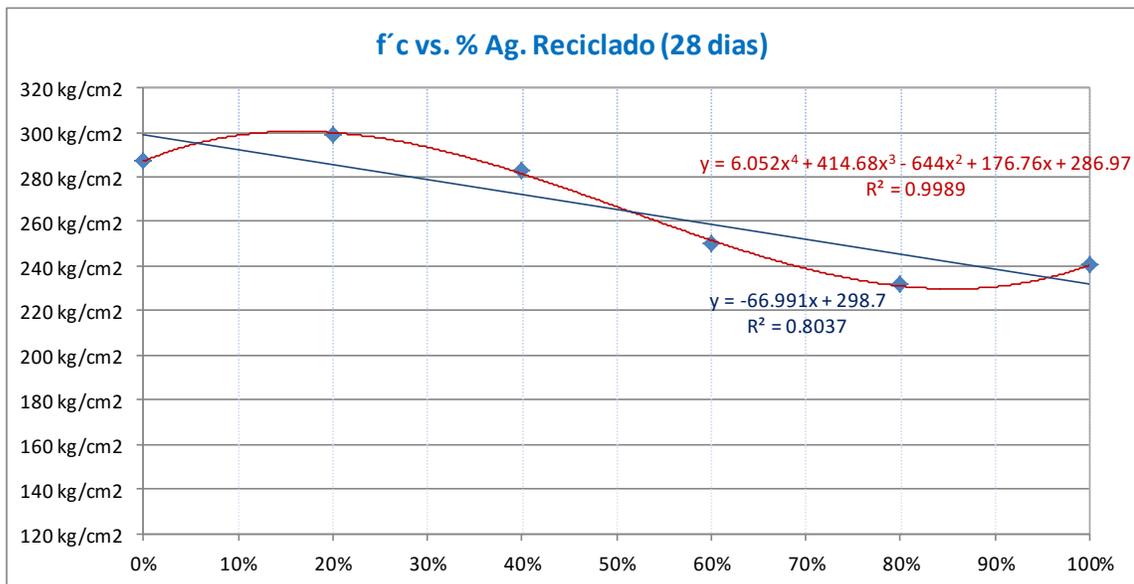
Se puede visualizar que la resistencia a la compresión a 14 días en la mezcla con 0% de 20% muestra una resistencia semejante, a partir de la resistencia de la mezcla con 40%, la resistencia es menor.

## Gráfico 4 : Resistencia a la compresión en 28 días

**GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%**

	COMPRESION		
	28 dias		
	f'c (1)	f'c (2)	f'c (3)
<b>PATRON</b>	307.90	276.80	276.60
<b>20% A.R.</b>	308.60	296.40	292.70
<b>40% A.R.</b>	284.70	284.10	279.10
<b>60% A.R.</b>	256.10	224.40	270.20
<b>80% A.R.</b>	239.40	232.90	222.70
<b>100% A.R.</b>	238.30	243.30	239.40

PROMEDIO	
28 dias	
% A.R.	f'c
0%	<b>287.10</b>
20%	<b>299.23</b>
40%	<b>282.63</b>
60%	<b>250.23</b>
80%	<b>231.67</b>
100%	<b>240.33</b>



El gráfico indica que la resistencia a la compresión a 28 días en la mezcla con 0%, 20%, 40% muestran una resistencia semejantes a partir de la resistencia de la mezcla con 60% , la resistencia es menor.

### Ensayos de Tracción:

Se realizaron ensayos de tracción a 3 edades (7, 14 y 28 días), y se reemplazó el agregado grueso natural por agregado reciclado partiendo de un diseño patrón, y luego reemplazándolo el árido en 5 porcentajes (20%,40%, 60%, 80% y 100%)

La resistencia a la tracción en las 3 edades se presentan en la *tabla 9*, *tabla 10*, y *tabla 11*, que se presentan a continuación:

**Tabla 9: Resultado de ensayos a la tracción a los 7 días**

7 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
17.40	20.00	21.00	17.40	16.30	17.30
18.20	19.10	17.30	15.40	17.00	16.60
18.20	20.30	16.10	19.90	16.60	17.00

**Tabla 10 : Resultado de ensayos a la tracción a los 14 días**

14 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
19.90	18.80	21.00	21.50	16.80	19.60
21.40	20.90	18.20	14.50	17.30	15.40
20.20	20.70	20.50	21.60	17.50	20.20

**Tabla 11 : Resultado de ensayos a la tracción a los 28 días**

28 días					
PATRON	20% A.R.	40% A.R.	60% A.R.	80% A.R.	100% A.R.
26.80	27.70	24.10	20.80	21.20	22.30
27.40	24.20	23.50	19.90	23.40	19.70
26.90	22.10	23.20	20.40	21.50	22.60

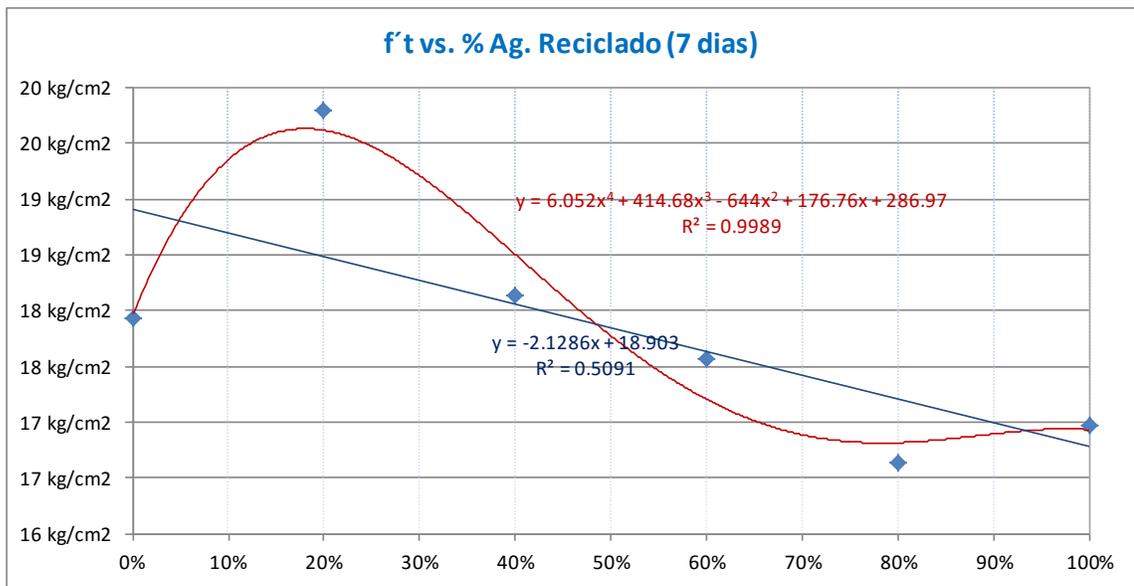
A continuación se realizará el análisis de cómo es afectada la resistencia a la tracción del concreto, al reemplazar el agregado natural por agregado reciclado. (Grafico 5, Grafico 6, y Grafico 7).

## Gráfico 5 : Resistencia a la tracción en 7 días

GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 7 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%

	TRACCION		
	7 dias		
	f't (1)	f't (2)	f't (3)
<b>PATRON</b>	17.40	18.20	18.20
<b>20% A.R.</b>	20.00	19.10	20.30
<b>40% A.R.</b>	21.00	17.30	16.10
<b>60% A.R.</b>	17.40	15.40	19.90
<b>80% A.R.</b>	16.30	17.00	16.60
<b>100% A.R.</b>	17.30	16.60	17.00

PROMEDIO	
3 dias	
% A.R.	f'c
0%	<b>17.93</b>
20%	<b>19.80</b>
40%	<b>18.13</b>
60%	<b>17.57</b>
80%	<b>16.63</b>
100%	<b>16.97</b>



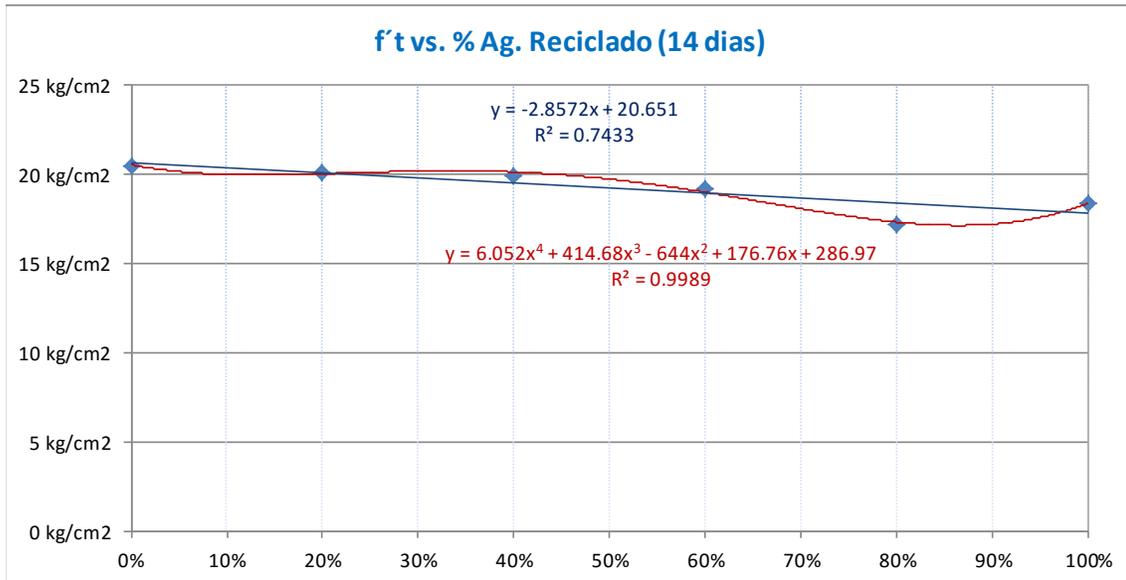
La tendencia que muestra la gráfica, indica un descenso en la resistencia a la tracción, la resistencia del concreto del diseño patrón resultó ser prácticamente la misma que se dio en la mezcla con 100% de agregado reciclado.

## Gráfico 6 : Resistencia a la tracción en 14 días

GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 14 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%

	TRACCION		
	14 días		
	f't (1)	f't (2)	f't (3)
<b>PATRON</b>	19.90	21.40	20.20
<b>20% A.R.</b>	18.80	20.90	20.70
<b>40% A.R.</b>	21.00	18.20	20.50
<b>60% A.R.</b>	21.50	14.50	21.60
<b>80% A.R.</b>	16.80	17.30	17.50
<b>100% A.R.</b>	19.60	15.40	20.20

PROMEDIO	
14 días	
% A.R.	f'c
0%	<b>20.50</b>
20%	<b>20.13</b>
40%	<b>19.90</b>
60%	<b>19.20</b>
80%	<b>17.20</b>
100%	<b>18.40</b>



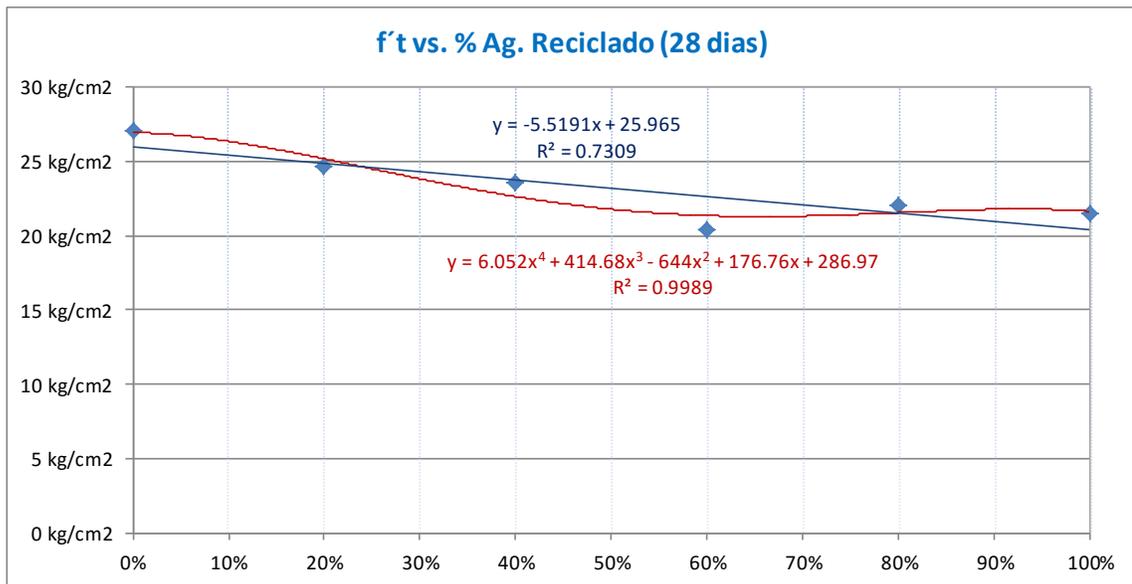
La grafica muestra una tendencia lineal a una menor resistencia a mayor sea el porcentaje de concreto reciclado.

## Gráfico 7 : Resistencia a la tracción en 28 días

GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN A 28 DIAS  
CON AGREGADO RECICLADO DE AL 20%, 40%, 60%, 80% Y 100%

	TRACCION		
	28 días		
	f't (1)	f't (2)	f't (3)
<b>PATRON</b>	26.80	27.40	26.90
<b>20% A.R.</b>	27.70	24.20	22.10
<b>40% A.R.</b>	24.10	23.50	23.20
<b>60% A.R.</b>	20.80	19.90	20.40
<b>80% A.R.</b>	21.20	23.40	21.50
<b>100% A.R.</b>	22.30	19.70	22.60

PROMEDIO	
3 días	
% A.R.	f'c
0%	<b>27.03</b>
20%	<b>24.67</b>
40%	<b>23.60</b>
60%	<b>20.37</b>
80%	<b>22.03</b>
100%	<b>21.53</b>



La grafica muestra una tendencia lineal a una menor resistencia a la tracción a mayor sea el porcentaje de concreto reciclado.

## 4.2. Resultados de la investigación

### Granulometría de la arena:

Es la distribución según el tamaño de las partículas que forman el agregado fino, proporción que obedece a un equilibrio ideal para la fabricación del concreto, medido a través del peso retenido en los tamices.

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.012 o ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y a N° 100 de la serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

<b>Agregado Fino</b>		
<b>NTP 400.012</b>		<b>Porcentaje que pasa</b>
<b>Abertura</b>	<b>Designación previa</b>	
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	No 4	95-100
2,36 mm	No 8	80-100
1,18 mm	No 16	50-85
600 µm	No 30	25-60
300 µm	No 50	5-30
150 µm	No 100	0-10

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado o un contenido de cemento mayor de 255 kg/m<sup>3</sup>; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 obteniendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla. Si se sobrepasa el valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

En la *tabla 12*, *tabla 13* y *tabla 14* presentan el análisis granulométrico de los agregados finos. Ya la *tabla 15* presenta los el promedio de los mismos.

Tabla 12 : Análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA						
	FACULTAD DE INGENIERÍA						
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES						
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>						
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA			NORMA :	NTP 400.012		
PROCEDENCIA :	SODIMAC			FECHA :	20-ago-2015		
PESO DE LA MUESTRA 1 :	0.5 kg			MUESTRA N :	1		
				HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ		
<b>Malla</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% que pasa</b>	<b>Especificaciones</b>		
2"	0.00	0	0	100	100	100	
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
1"	0.00	0	0	100	100	100	
3/4"	0.00	0	0	100	100	100	
1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
3/8"	0.00	0	0	100	100	100	
N° 4	37.30	8	8	92	95	100	
N° 8	36.40	7	15	85	80	100	
N° 16	65.00	13	28	72	50	85	
N° 30	92.20	19	47	53	25	60	
N° 50	114.80	23	70	30	10	30	
N° 100	87.20	18	88	12	2	10	
Fondo	60.10	12	100	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>493.00</b>	<b>100</b>			<b>MÓDULO DE FINURA</b>	<b>mg 2.55</b>	

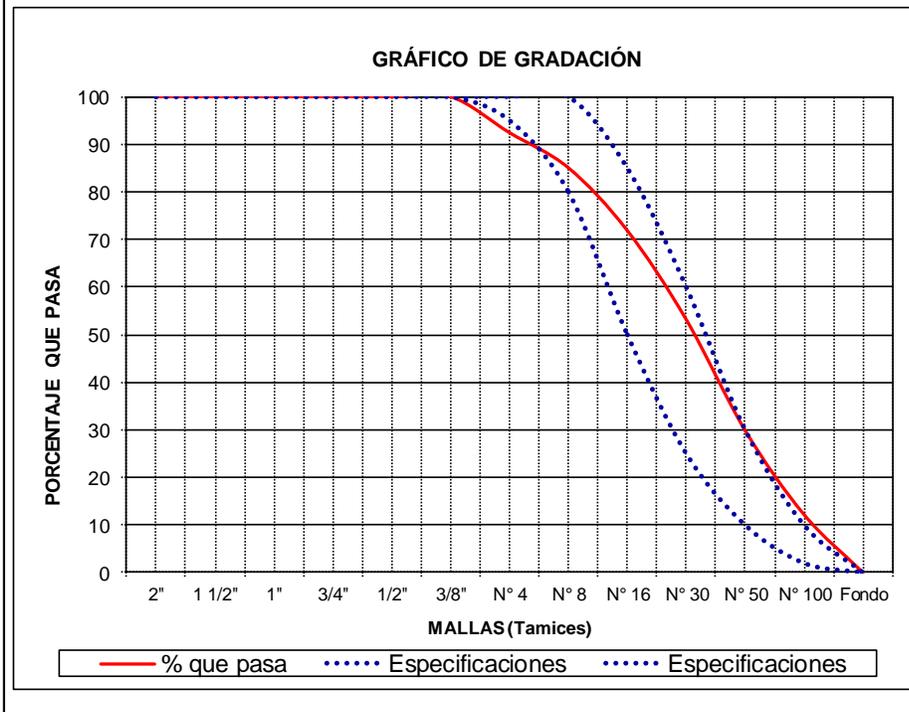


Tabla 13: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra N°2

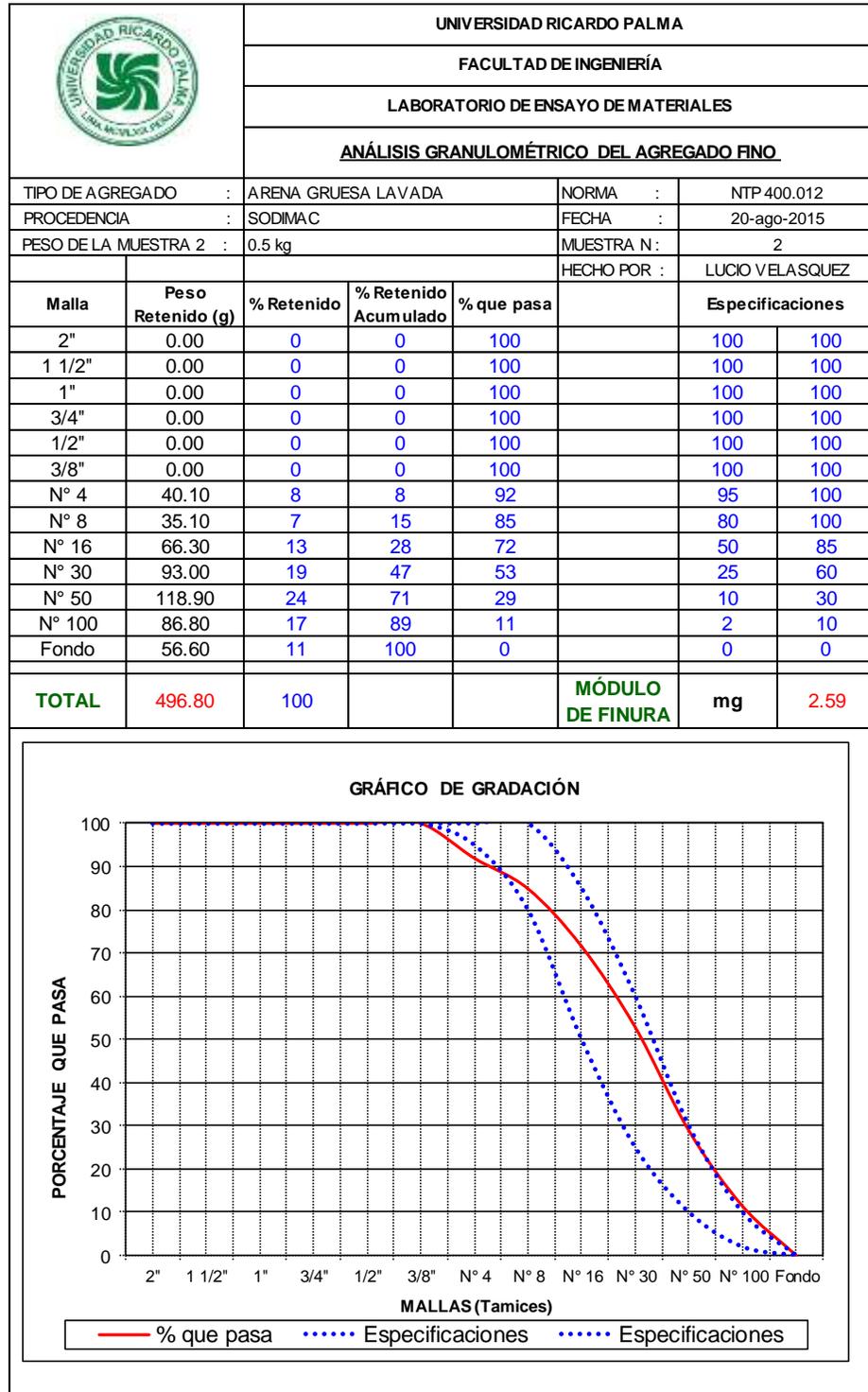


Tabla 14: Análisis granulométrico del agregado fino – Muestra N°3

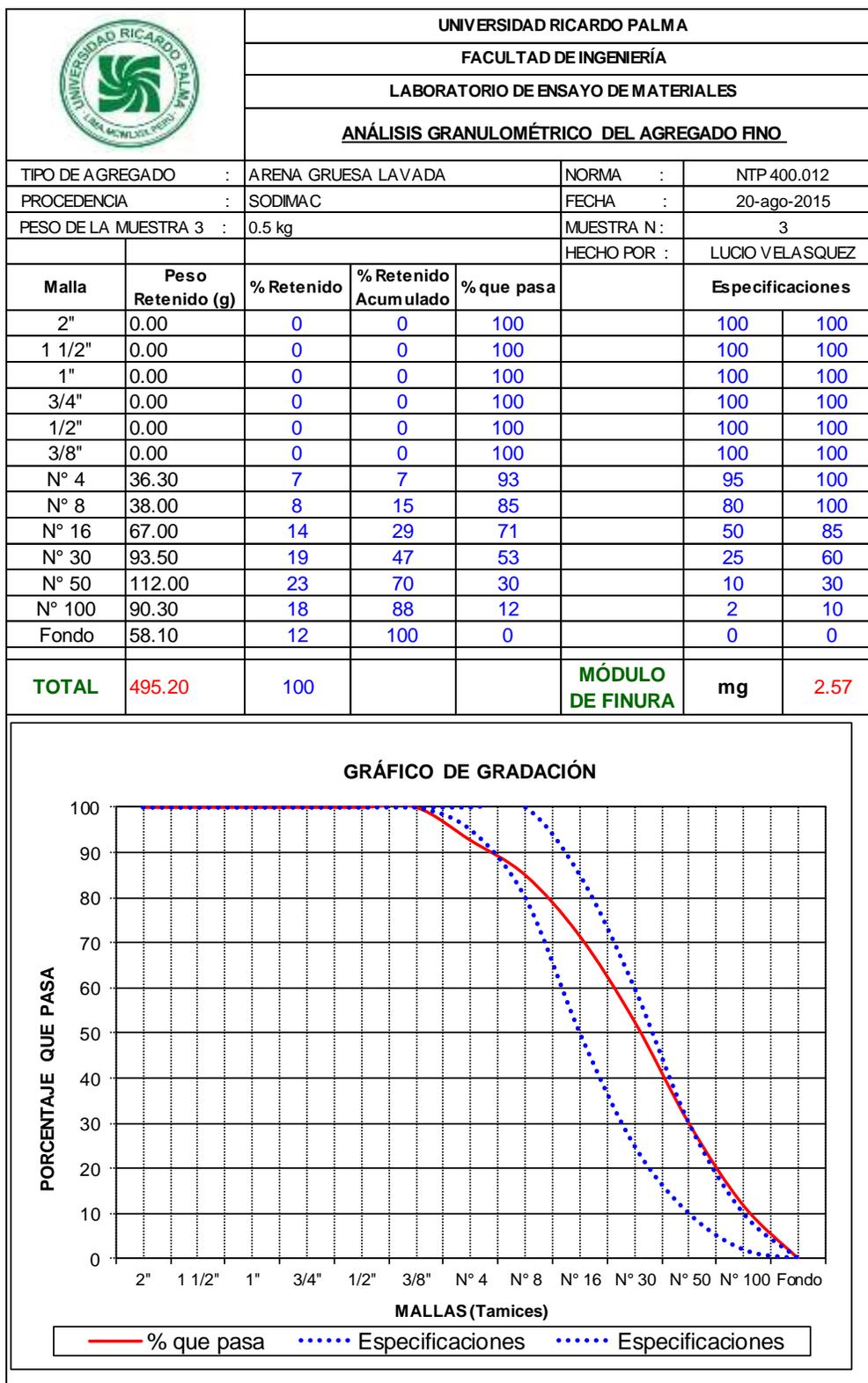
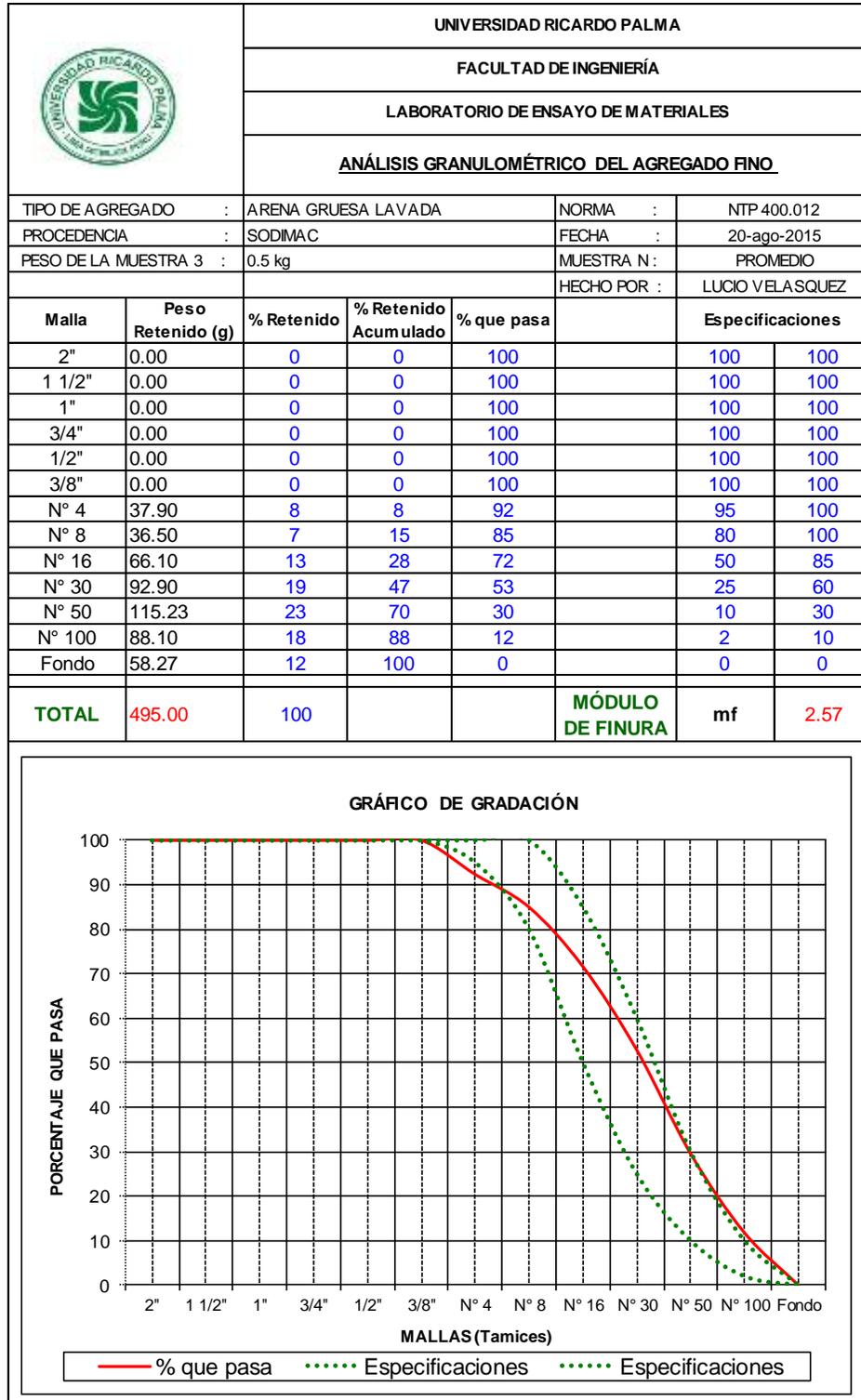


Tabla 15 : Análisis granulométrico del agregado fino – Promedio



## Módulo de Finura

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM No 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011.

El módulo de finura se calcula para el agregado fino más que para un agregado grueso. Las variaciones de más o menos 0,2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo, por eso se recomienda que su valor oscile entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.

Se presenta los resultados de los ensayos del módulo de finura en la *tabla 16*.

$$\text{Módulo de Finura} = mf = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

**Tabla 16: Modulo de finura del Agregado Fino - Promedio**

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
MÓDULO DE FINURA	2.55	2.59	2.57	2.57
Promedio del Módulo de Finura = 2.57				

## Peso Unitario

El peso unitario o densidad de masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en kg/m<sup>3</sup>. El peso unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado. Se presentan los resultado de estos ensayos en la *tabla 17, tabla 18, tabla 19 y tabla 20*.

### Peso Unitario Suelto:

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescrita que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado pasando la varilla por la superficie. Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\ 000}{W_a}$$

$$PUS = f \times W_s$$

### Peso Unitario Compactado:

El recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\ 000}{W_a}$$

$$PUC = f \times W_c$$

Tabla 17 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
		PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - M1	
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	12000 g	MUESTRA N :	1
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.060	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.320	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1577</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		6.460	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	4.720	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1723</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

Tabla 18 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - M2</b>		
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	12000 g	MUESTRA N :	2
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.100	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.360	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1591</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		6.560	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	4.820	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1759</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

Tabla 19 : Peso Unitario del Agregado Fino – Muestra N°3

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
		<u>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - M3</u>	
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	12000 g	MUESTRA N :	3
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6.100	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4.360	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1591</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		6.500	kg
PESO DEL RECIPIENTE		1.740	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	4.760	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		4.480	kg
PESO DEL AGUA	Wa	2.740	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	364.96	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1737</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

Tabla 20: Peso Unitario del Agregado Fino – Promedio

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>																			
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>																				
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ( PROMEDIOS )</b>																				
TIPO DE AGREGAD	:	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA	:	NTP 400.017															
PROCEDENCIA	:	SODIMAC	FECHA	:	18-dic-2009															
			MUESTRA	:	PROMEDIOS															
			HECHO	:	LUCIO VELÁSQUEZ															
 <b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>																				
<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>PUS</th><th>UNID</th></tr></thead><tbody><tr><td>M - 1</td><td>1577</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>M - 2</td><td>1591</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>M - 3</td><td>1591</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>PROMEDIO</td><td>1587</td><td>Kg/m3</td></tr></tbody></table>						MUESTRA	PUS	UNID	M - 1	1577	Kg/m3	M - 2	1591	Kg/m3	M - 3	1591	Kg/m3	PROMEDIO	1587	Kg/m3
MUESTRA	PUS	UNID																		
M - 1	1577	Kg/m3																		
M - 2	1591	Kg/m3																		
M - 3	1591	Kg/m3																		
PROMEDIO	1587	Kg/m3																		
 <b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>																				
<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>PUC</th><th>UNID</th></tr></thead><tbody><tr><td>M - 1</td><td>1723</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>M - 2</td><td>1759</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>M - 3</td><td>1737</td><td>Kg/m3</td></tr><tr><td>PROMEDIO</td><td>1740</td><td>Kg/m3</td></tr></tbody></table>						MUESTRA	PUC	UNID	M - 1	1723	Kg/m3	M - 2	1759	Kg/m3	M - 3	1737	Kg/m3	PROMEDIO	1740	Kg/m3
MUESTRA	PUC	UNID																		
M - 1	1723	Kg/m3																		
M - 2	1759	Kg/m3																		
M - 3	1737	Kg/m3																		
PROMEDIO	1740	Kg/m3																		

### Peso Específico

El peso específico según la norma ASTM C 128 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

**Peso específico de masa (G).**

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros permeables e impermeables del material.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W}$$

**Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G<sub>ss</sub>).**

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G}_{ss}) = \frac{500}{V - W}$$

**Peso específico aparente (G<sub>a</sub>).**

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares

$$\text{Peso específico aparente (G}_a) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

**Porcentaje de Absorción**

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C ± 5°C.

$$\text{Porcentaje de absorción (\%a)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de peso específico y absorción de agregado fino (*tabla 21, tabla 22, tabla 23 y tabla 24*).

**Tabla 21 : Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°1**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - M1</u></b>		
<b>TIPO DE AGREGADO</b> :	<b>ARENA GRUESA LAVADA</b>	<b>NORMA</b> :	<b>NTP 400.022</b>
<b>PROCEDENCIA</b> :	<b>SODIMAC</b>	<b>FECHA</b> :	<b>20-ago-2015</b>
<b>PESO DE LA MUESTRA</b> :	<b>4000 g</b>	<b>MUESTRA N :</b>	<b>1</b>
<b>VOLUMEN DE LA FIOLA</b> :	<b>500 ml</b>	<b>HECHO POR :</b>	<b>LUCIO VELASQUEZ</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
		<b>SÍMB</b>	<b>CANT</b>
			<b>UNIDAD</b>
PESO LA FIOLA			148 g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA			500.000 g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA			648 g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA			959.900 g
PESO DEL AGUA		W	311.900 g
PESO DE LA ARENA SECA		A	492.200 g
VOLUMEN DE LA FIOLA		V	500 ml
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>			
$\left( \frac{A}{V - W} \right) = 2.62 \text{ g/cm}^3$			
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>			
$\frac{500}{(V - W)} = 2.66 \text{ g/cm}^3$			
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>			
$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.73 \text{ g/cm}^3$			
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>			
$\left( \frac{500 - A}{A} \right) * 100 = 1.58 \%$			

Tabla 22: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - M2</u></b>			
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA :	NTP 400.022	
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015	
PESO DE LA MUESTRA :	4000 g	MUESTRA N :	2	
VOLUMEN DE LA FIOLA :	500 ml	HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ	
<b>DESCRIPCIÓN</b>				
		<b>SÍMB</b>	<b>CANT</b>	<b>UNIDAD</b>
PESO LA FIOLA			147.7	g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA			500.000	g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA			647.700	g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA			961.000	g
PESO DEL AGUA		W	313.300	g
PESO DE LA ARENA SECA		A	494.600	g
VOLUMEN DE LA FIOLA		V	500	ml
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>				
$\left( \frac{A}{V - W} \right) = 2.65 \text{ g/cm}^3$				
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>				
$\frac{500}{(V - W)} = 2.68 \text{ g/cm}^3$				
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>				
$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.73 \text{ g/cm}^3$				
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>				
$\left( \frac{500 - A}{A} \right) * 100 = 1.09 \%$				

**Tabla 23: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino – Muestra N°2**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - M3</u></b>		
<b>TIPO DE AGREGADO</b> :	<b>ARENA GRUESA LAVADA</b>	<b>NORMA</b> :	<b>NTP 400.022</b>
<b>PROCEDENCIA</b> :	<b>SODIMAC</b>	<b>FECHA</b> :	<b>20-ago-2015</b>
<b>PESO DE LA MUESTRA</b> :	<b>4000 g</b>	<b>MUESTRA N :</b>	<b>3</b>
<b>VOLUMEN DE LA FIOLA</b> :	<b>500 ml</b>	<b>HECHO POR :</b>	<b>LUCIO VELASQUEZ</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
		<b>SÍMB</b>	<b>CANT</b>
			<b>UNIDAD</b>
PESO LA FIOLA			147.8 g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA			500.000 g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA			647.8 g
PESO DE LA ARENA SSS + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA			960.500 g
PESO DEL AGUA		W	312.700 g
PESO DE LA ARENA SECA		A	494.200 g
VOLUMEN DE LA FIOLA		V	500 ml
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>			
$\left( \frac{A}{V - W} \right) = 2.64 \text{ g/cm}^3$			
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>			
$\frac{500}{(V - W)} = 2.67 \text{ g/cm}^3$			
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>			
$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)} = 2.72 \text{ g/cm}^3$			
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>			
$\left( \frac{500 - A}{A} \right) * 100 = 1.17 \%$			

**Tabla 24: Peso Específico del Agregado Fino – Promedio**

		<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>				
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>						
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ( PROMEDIOS )</b>						
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA	NORMA :	NTP 400.022			
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015			
		MUESTRA N :	PROMEDIOS			
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ			
ENSAYO	FORMULA	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO	UNID
1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left( \frac{A}{V \cdot W} \right)$	2.62	2.65	2.64	<b>2.64</b>	g/cm3
2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\frac{500}{(V \cdot W)}$	2.66	2.68	2.67	<b>2.67</b>	g/cm3
3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\frac{A}{(V \cdot W) - (500 \cdot A)}$	2.73	2.73	2.72	<b>2.73</b>	g/cm3
4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left( \frac{500 - A}{A} \right) * 100$	1.58	1.09	1.17	<b>1.28</b>	%

### **Contenido de Humedad**

Podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua.

Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos.

$$\text{Contenido de humedad (\%h)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos del contenido de humedad del agregado fino (Tabla 25).



## **MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200**

Es la determinación de la cantidad de materiales finos que se presentan en el agregado en forma de revestimientos a través de un procedimiento de sedimentación y tamizado por vía húmeda

Según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.018 el Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\begin{aligned} & \% \text{ Que pasa la malla N}^\circ 200 \\ & = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \end{aligned}$$

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- Se superpone los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ .

A continuación se presenta los resultados de los materiales que pasa la malla #200 de agregado fino (*Tabla 26*)

**Tabla 26 : Material que Pasa la Malla #200 del Agregado Fino - Promedio**

		<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>			
		<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MATERIAL QUE PASA LA MALLA # 200 FINO</b>			
TIPO DE AGREGADO :	ARENA GRUESA LAVADA	NORMA :	NTP 400.018		
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015		
		MUESTRA N :	PROMEDIOS		
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ		
ENSAYO	SIMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNID
PESO DE LA MUESTRA	P1	500	500	500	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	423.3	421.7	422.5	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	P1 - P2	76.7	78.3	77.5	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	15.34	15.66	15.5	%
% QUE PASA MALLA # 200		$A = \left( \frac{P1 - P2}{P1} \right) * 100$			
<u>RESUMEN</u>					
MUESTRA		% HUMEDAD			
M-1		15.34			
M-2		15.66			
M-3		15.5			
PROMEDIO		15.5			

## **Agregado Grueso**

### **Granulometría**

La granulometría del agregado grueso se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Esta serie de tamices son  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{8}$ " , N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N°50, N°100.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto. En la tabla 27, tabla 28 y tabla 29 presentan el análisis granulométrico de los agregados finos. La tabla 30 presenta los el promedio de los mismos. De estas podemos calcular el módulo de finura del agregado grueso (*Tabla 31*).

Tabla 27 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
		FACULTAD DE INGENIERÍA					
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO</b>					
TIPO DE AGREGADO :		PIEDRA CHANCADA			NORMA :	NTP 400.012	
PROCEDENCIA :		SODIMAC			FECHA :	20-ago-2015	
PESO MUESTRA :		20 kg			MUESTRA N :	1	
HUSO N° :	89			HECHO POR :		LUCIO VELASQUEZ	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones		
2"	0.00	0	0	100	100	100	
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
1"	0.00	0	0	100	100	100	
3/4"	7179.30	60	60	40	100	100	
1/2"	4561.30	38	98	2	100	100	
3/8"	169.00	1	99	1	90	100	
N° 4	87.30	1	100	0	20	55	
N° 8	0.00	0	100	0	5	30	
N° 16	0.00	0	100	0	0	10	
N° 30	0.00	0	100	0	0	7	
N° 50	0.00	0	100	0	0	5	
N° 100	0.00	0	100	0	0	3	
Fondo	11.20	0	100	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>12008.10</b>	<b>100</b>			<b>MÓDULO DE FINURA</b>	<b>mg</b>	<b>7.59</b>

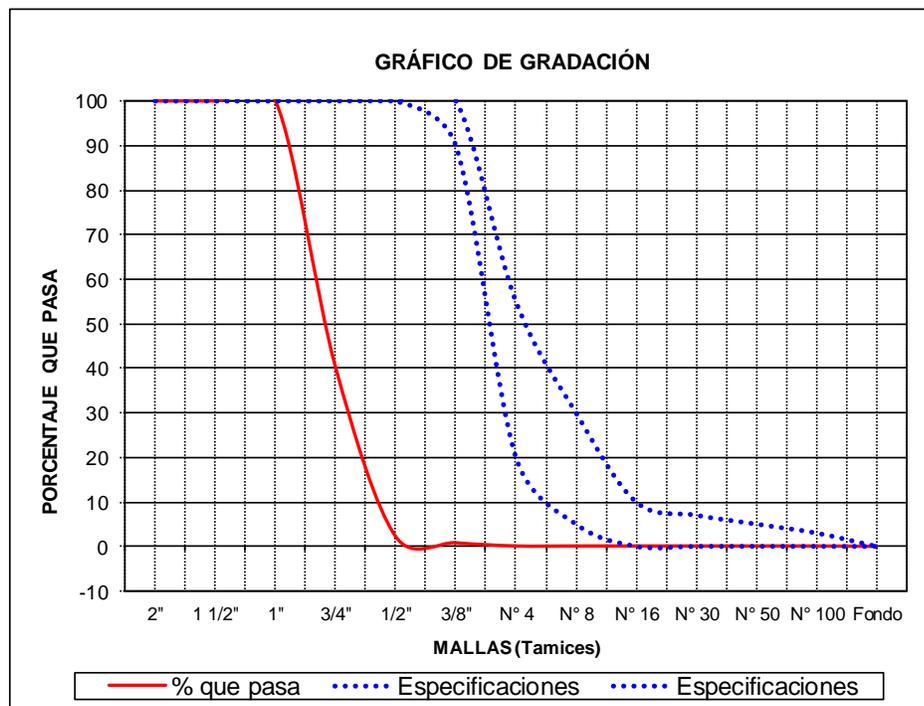


Tabla 28 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°2

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
		FACULTAD DE INGENIERÍA					
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
TIPO DE AGREGADO :		PIEDRA CHANCA DA			NORMA :	NTP 400.012	
PROCEDENCIA :		SODIMAC			FECHA :	19-dic-2009	
PESO MUESTRA :		20kg			MUESTRA N :	2	
HUSO N° :	89				HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones		
2"	0.00	0	0	100	100	100	
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
1"	0.00	0	0	100	100	100	
3/4"	7060.30	59	59	41	100	100	
1/2"	4590.30	38	97	3	100	100	
3/8"	230.80	2	99	1	90	100	
N° 4	104.60	1	100	0	20	55	
N° 8	0.00	0	100	0	5	30	
N° 16	0.00	0	100	0	0	10	
N° 30	0.00	0	100	0	0	7	
N° 50	0.00	0	100	0	0	5	
N° 100	0.00	0	100	0	0	3	
Fondo	10.10	0	100	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>11996.10</b>	<b>100</b>			<b>MÓDULO DE FINURA</b>	<b>mg</b>	<b>7.58</b>

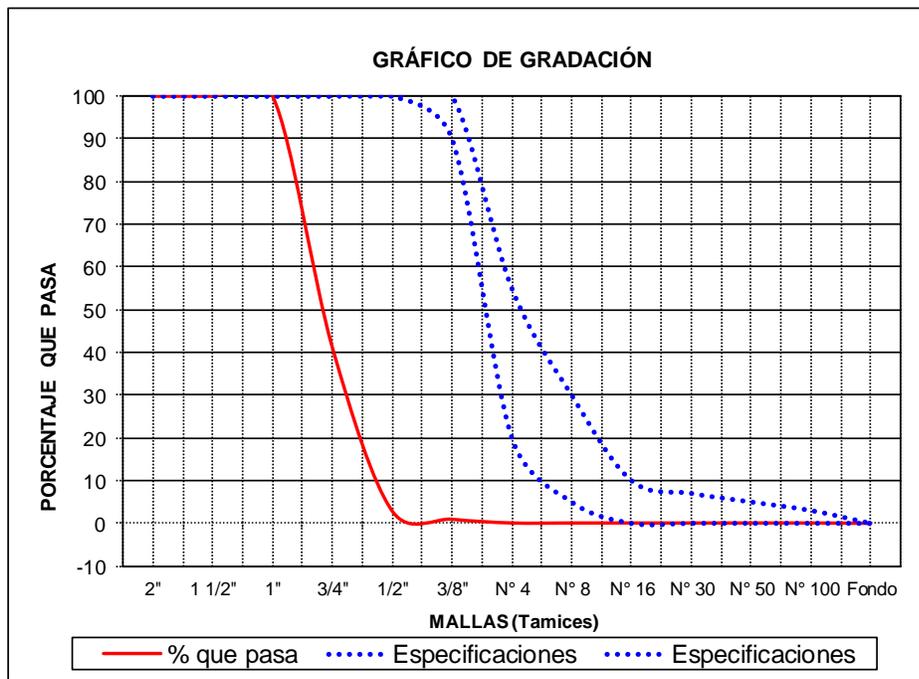


Tabla 29 : Análisis Granulométrico del Agregado Grueso – Muestra N°3

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
		FACULTAD DE INGENIERÍA					
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
TIPO DE AGREGADO :		PIEDRA CHANCADA			NORMA :	NTP 400.012	
PROCEDENCIA :		JICAMARCA			FECHA :	20-ago-2015	
PESO MUESTRA :		20kg			MUESTRA N :	3	
HUSO N° :	89				HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones		
2"	0.00	0	0	100	100	100	
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
1"	0.00	0	0	100	100	100	
3/4"	7050.10	59	59	41	100	100	
1/2"	4600.00	38	97	3	100	100	
3/8"	222.30	2	99	1	90	100	
N° 4	95.50	1	100	0	20	55	
N° 8	0.00	0	100	0	5	30	
N° 16	0.00	0	100	0	0	10	
N° 30	0.00	0	100	0	0	7	
N° 50	0.00	0	100	0	0	5	
N° 100	0.00	0	100	0	0	3	
Fondo	12.10	0	100	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>11980.00</b>	<b>100</b>			<b>MÓDULO DE FINURA</b>	<b>mg</b>	<b>7.58</b>

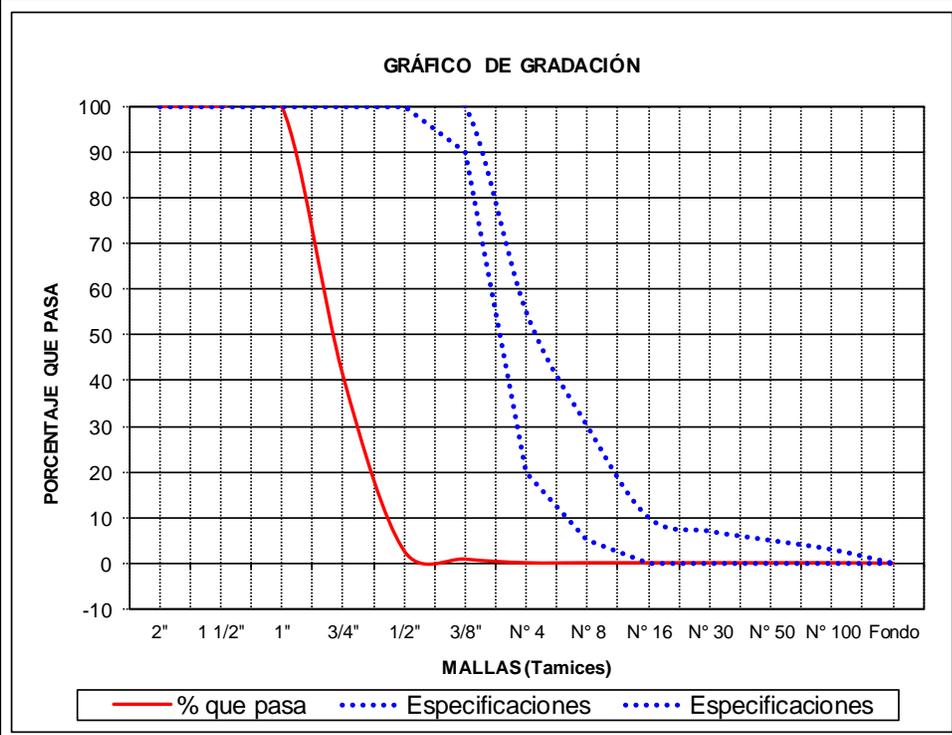
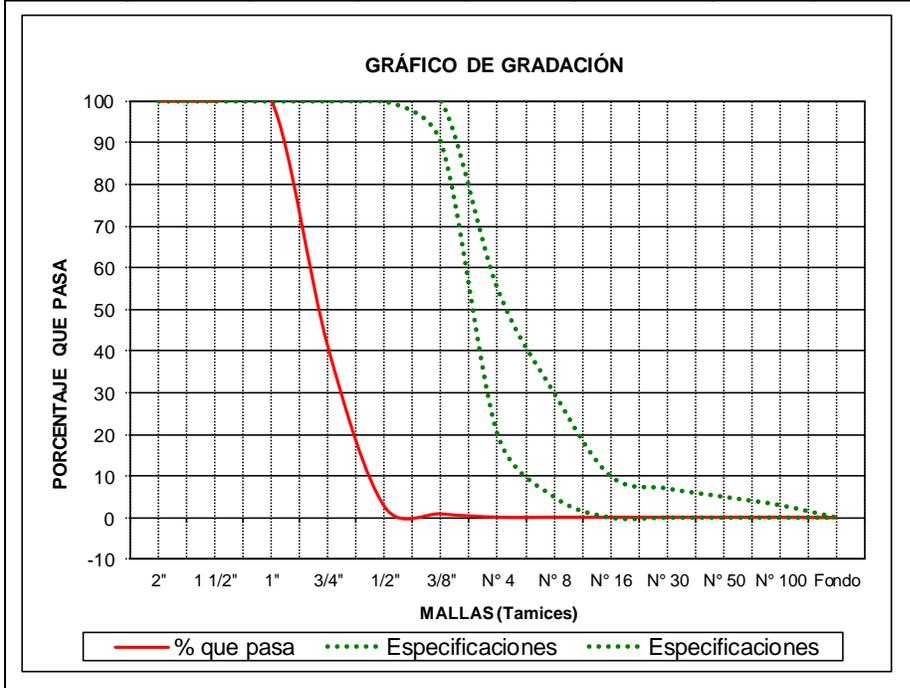


Tabla 30: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso - Promedio

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
		FACULTAD DE INGENIERÍA					
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO</b>					
TIPO DE AGREGADO :		PIEDRA CHANCADA			NORMA :	NTP 400.012	
PROCEDENCIA :		SODIMAC			FECHA :	19-dic-2009	
PESO MUESTRA :		20 kg			MUESTRA N :	PROMEDIO	
HUSO N° :		89			HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones		
2"	0.00	0	0	100	100	100	
1 1/2"	0.00	0	0	100	100	100	
1"	0.00	0	0	100	100	100	
3/4"	7096.57	59	59	41	100	100	
1/2"	4583.87	38	97	3	100	100	
3/8"	207.37	2	99	1	90	100	
N° 4	95.80	1	100	0	20	55	
N° 8	0.00	0	100	0	5	30	
N° 16	0.00	0	100	0	0	10	
N° 30	0.00	0	100	0	0	7	
N° 50	0.00	0	100	0	0	5	
N° 100	0.00	0	100	0	0	3	
Fondo	11.13	0	100	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>11994.73</b>	<b>100</b>			<b>MÓDULO DE FINURA</b>	<b>mg</b>	<b>7.58</b>



$$\text{Módulo de finura} = mf = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

**Tabla 31 : Módulo de Finura del Agregado Grueso - Promedio**

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			
	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
MÓDULO DE FINURA	7,59	7,58	7,58	7,58
Promedio del Módulo de Finura = 7,58				

### **Peso Unitario**

El peso unitario del agregado grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en kg/m<sup>3</sup>. Es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 kg/m<sup>3</sup>.

El peso unitario del agregado está influenciado por: su gravedad específica; su granulometría; su perfil y textura superficial; su condición de humedad; y su grado de compactación de masa.

La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

**Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\ 000}{W_a}$$

$$PUS = f \times W_s$$

**Peso Unitario Compactado:**

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\ 000}{W_a}$$

$$PUC = f \times W_c$$

Se presentan los resultado de estos ensayos en la *tabla 32*, *tabla 33*, *tabla 34* y *tabla 35*.

Tabla 32 . Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
		PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - M1	
TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	20000 g	MUESTRA N :	1
HUSO N° :	89	HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		17.90	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	12.32	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1357</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		19.62	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	14.04	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1546</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

Tabla 33 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 2

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
<u>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - M2</u>			
			
TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	20000 g	MUESTRA N :	2
HUSO N° :	89	HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		18.36	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	12.78	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1407</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		19.52	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	13.94	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1535</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

Tabla 34 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Muestra 3

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
<u>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO - M3</u>			
			
TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.017
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015
PESO DE LA MUESTRA :	20000 g	MUESTRA N :	3
HUSO N° :	89	HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ
MEDIDA DEL RECIPIENTE :	1 / 10 PS <sup>3</sup>		
<b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		18.16	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	12.58	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1385</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUS = f x Ws</b>			
<b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b>			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA +RECIPIENTE		19.74	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.58	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	14.16	kg
PESO DEL AGUA +RECIPIENTE		14.66	kg
PESO DEL AGUA	Wa	9.08	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	110.13	m-3
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1559</b>	<b>kg/ m3</b>
<b>PUC = f x Wc</b>			

**Tabla 35 : Peso Unitario del Agregado Grueso – Promedio**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>																						
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>																						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ( PROMEDIOS )</b>																							
TIPO DE AGREGAD :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.017																				
PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	19-dic-2009																				
HUSO N° :	89	MUESTRA :	PROMEDIOS																				
		HECHO :	LUCIO VELASQUEZ																				
<p><b>A ) PESO UNITARIO SUELTO ( PUS )</b></p>																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">MUESTRA</th> <th style="width: 25%;">PUS</th> <th style="width: 25%;">UNID</th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>1357</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M - 2</td> <td>1407</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M - 3</td> <td>1385</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>1384</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	PUS	UNID		M - 1	1357	Kg/m3		M - 2	1407	Kg/m3		M - 3	1385	Kg/m3		PROMEDIO	1384	Kg/m3	
MUESTRA	PUS	UNID																					
M - 1	1357	Kg/m3																					
M - 2	1407	Kg/m3																					
M - 3	1385	Kg/m3																					
PROMEDIO	1384	Kg/m3																					
<p><b>B ) PESO UNITARIO COMPACTADO ( PUC )</b></p>																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">MUESTRA</th> <th style="width: 25%;">PUC</th> <th style="width: 25%;">UNID</th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>1546</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M - 2</td> <td>1535</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M - 3</td> <td>1559</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>1547</td> <td>Kg/m3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	PUC	UNID		M - 1	1546	Kg/m3		M - 2	1535	Kg/m3		M - 3	1559	Kg/m3		PROMEDIO	1547	Kg/m3	
MUESTRA	PUC	UNID																					
M - 1	1546	Kg/m3																					
M - 2	1535	Kg/m3																					
M - 3	1559	Kg/m3																					
PROMEDIO	1547	Kg/m3																					

### **Peso Específico**

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750.

A continuación se muestran las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos, al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Peso específico de masa } (G) = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso específico aparente } (Ga) = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = \frac{B}{B - C}$$

### **Porcentaje de Absorción**

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción.

$$\text{Porcentaje de absorción } (a\%) = 100 \times \frac{(B - A)}{A}$$

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de peso específico y absorción de agregado fino (*tabla 36, tabla 37, tabla 38 y tabla 39*).

**Tabla 36 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 1**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - M1</u></b>		
<b>TIPO DE AGREGADO</b> :	<b>PIEDRA CHANCADA</b>	<b>NORMA</b> :	<b>NTP 400.022</b>
<b>PROCEDENCIA</b> :	<b>SODIMAC</b>	<b>FECHA</b> :	<b>25-ago-2015</b>
<b>PESO DE LA MUESTRA</b> :	<b>20000 g</b>	<b>MUESTRA N</b> :	<b>1</b>
<b>HUSO #</b>	<b>89</b>	<b>HECHO POR</b> :	<b>LUCIO VELASQUEZ</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
		<b>SÍM</b>	<b>CANT</b>
			<b>UNIDAD</b>
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SSS		B	5000 g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA			3776 g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA			634.6 g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA		C	3141.4 g
PESO DE LA MUESTRA SECA		A	4960 g
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>			
$\left( \frac{A}{B - C} \right) = 2.67 \text{ g/cm}^3$			
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>			
$\left( \frac{B}{B - C} \right) = 2.69 \text{ g/cm}^3$			
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>			
$\left( \frac{A}{A - C} \right) = 2.73 \text{ g/cm}^3$			
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>			
$\left( \frac{B - A}{A} \right) * 100 = 0.81 \%$			

**Tabla 37 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 2**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - M2</u></b>		
<b>TIPO DE AGREGADO</b> :	<b>PIEDRA CHANCADA</b>	<b>NORMA</b> :	<b>NTP 400.022</b>
<b>PROCEDENCIA</b> :	<b>SODIMAC</b>	<b>FECHA</b> :	<b>25-ago-2015</b>
<b>PESO DE LA MUESTRA</b> :	<b>20000 g</b>	<b>MUESTRA N</b> :	<b>2</b>
<b>HUSO #</b>	<b>89</b>	<b>HECHO POR</b> :	<b>LUCIO VELASQUEZ</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
		<b>SÍM</b>	<b>CANT</b>
			<b>UNIDAD</b>
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SSS		B	5000
			g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA			3779.7
			g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA			634.6
			g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA		C	3145.1
			g
PESO DE LA MUESTRA SECA		A	4960
			g
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>			
$\left( \frac{A}{B - C} \right) = 2.67 \text{ g/cm}^3$			
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>			
$\left( \frac{B}{B - C} \right) = 2.7 \text{ g/cm}^3$			
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>			
$\left( \frac{A}{A - C} \right) = 2.73 \text{ g/cm}^3$			
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>			
$\left( \frac{B - A}{A} \right) * 100 = 0.81 \%$			

**Tabla 38 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Muestra 3**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
	<b><u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - M3</u></b>		
<b>TIPO DE AGREGADO :</b>	<b>PIEDRA CHANCADA</b>	<b>NORMA :</b>	<b>NTP 400.022</b>
<b>PROCEDENCIA :</b>	<b>SODIMAC</b>	<b>FECHA :</b>	<b>25-ago-2015</b>
<b>PESO DE LA MUESTRA :</b>	<b>20000 g</b>	<b>MUESTRA N :</b>	<b>3</b>
<b>HUSO #</b>	<b>89</b>	<b>HECHO POR :</b>	<b>LUCIO VELASQUEZ</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
		<b>SÍM</b>	<b>CANT</b>
			<b>UNIDAD</b>
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SSS		B	5000
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA			3780.2
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA			634.6
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA		C	3145.6
PESO DE LA MUESTRA SECA		A	4960
<b>1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>			
$\left( \frac{A}{B - C} \right) = 2.67 \text{ g/cm}^3$			
<b>2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>			
$\left( \frac{B}{B - C} \right) = 2.7 \text{ g/cm}^3$			
<b>3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>			
$\left( \frac{A}{A - C} \right) = 2.73 \text{ g/cm}^3$			
<b>4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>			
$\left( \frac{B - A}{A} \right) * 100 = 0.81 \%$			

**Tabla 39 : Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso – Promedio**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA						
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES						
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ( PROMEDIOS )						
	TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.017		
	PROCEDENCIA :	SODIMAC	FECHA :	20-ago-2015		
	HUSO N° :	89	MUESTRA N :	PROMEDIOS		
			HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ		
ENSAYO	FORMULA	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO	UNID
1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left( \frac{A}{B \cdot C} \right)$	2.67	2.67	2.67	<b>2.67</b>	g/cm3
2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\left( \frac{B}{B \cdot C} \right)$	2.69	2.7	2.7	<b>2.70</b>	g/cm3
3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\left( \frac{A}{A \cdot C} \right)$	2.73	2.73	2.73	<b>2.73</b>	g/cm3
4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left( \frac{B-A}{A} \right) * 100$	0.81	0.81	0.81	<b>0.81</b>	%

### Contenido de Humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de la mezclas de diseño. Se presentan los resultados obtenidos en el estudio (Tabla 40)

*Contenido de humedad (%)*

$$= \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Tabla 40: Contenido de humedad del agregado grueso

		<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>													
		<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>													
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>															
TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 339.185												
PROCEDENCIA :	CANtera JICAMARCA	FECHA :	20-ago-2015												
		MUESTRA N :	PROMEDIOS												
		HECHO POR :	LUCIO VELASQUEZ												
ENSAYO	SIMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNID										
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	2500	2500	2500	g										
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	2479.9	2478	2479.8	g										
CONTENIDO DE AGUA	A - B	20.1	22	20.2	g										
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0.81	0.89	0.81	%										
CONTENIDO DE HUMEDAD (H)	$h = \left( \frac{A - B}{B} \right) * 100$														
<u>RESUMEN</u>															
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>% HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M-1</td> <td>0.81</td> </tr> <tr> <td>M-2</td> <td>0.89</td> </tr> <tr> <td>M-3</td> <td>0.81</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>0.84</td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA	% HUMEDAD	M-1	0.81	M-2	0.89	M-3	0.81	PROMEDIO	0.84
MUESTRA	% HUMEDAD														
M-1	0.81														
M-2	0.89														
M-3	0.81														
PROMEDIO	0.84														

### **Material que Pasa la Malla N° 200**

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Según la norma técnica peruana NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Se presentan los resultados de los ensayos para definir el porcentaje de material que pasa por la malla 200, en la tabla 41

**Tabla 41 : Material que pasa la malla # 200 grueso**

		<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>													
		<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>													
<b>MATERIAL QUE PASA LA MALLA # 200 GRUESO</b>															
TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA CHANCADA	NORMA :	NTP 400.018												
PROCEDENCIA :	CANTERA JICAMARCA	FECHA :	20-ago-2015												
HUSO N° :	89	MUESTRA N :	PROMEDIOS												
		HECHO POR :	CESAR LEON												
ENSAYO	SIMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNID										
PESO DE LA MUESTRA	P1	2500	2500	2500	g										
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	2475.94	2473.97	2471.65	g										
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	P1 - P2	24.06	26.03	28.35	g										
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0.96	1.04	1.13	%										
% QUE PASA MALLA # 200		$A = \left( \frac{P1 - P2}{P1} \right) * 100$													
<u>RESUMEN</u>															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>% HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M-1</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>M-2</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>M-3</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>1.04</td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA	% HUMEDAD	M-1	0.96	M-2	1.04	M-3	1.13	PROMEDIO	1.04
MUESTRA	% HUMEDAD														
M-1	0.96														
M-2	1.04														
M-3	1.13														
PROMEDIO	1.04														

## DISEÑO DE MEZCLA

### DISEÑO POR EL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

#### 1 Materiales

DESCRIPCION	A. FINO	A GRUESO	UNIDAD
Peso Especifico de Masa Seca	2.64	2.67	g/cm3
Peso Especifico de Masa SSS	2.67	2.7	g/cm3
Peso Especifico Aparente	2.73	2.73	g/cm3
Peso Unitario Suelto Seco	1587	1384	kg/m3
Peso Unitario Compactado Seco	1740	1547	kg/m3
Contenido de Humedad	3.97	0.84	%
Porcentaje de Absorción	1.28	0.81	%
Módulo de Finura	2.57	7.58	

Datos de Pesos Especificos				
Cemento "SOL" TIPO I	3.15	gr./cm3	3150	Kg./m3
Agua Potable SEDAPAL	1.00	gr./cm3	1000	Kg./m3

$$m = r_f \times m_f + r_g \times m_g$$

m ; modulo de fineza de la combinación de agregados

m<sub>f</sub> ; modulo de fineza del agregado fino

m<sub>g</sub> ; modulo de fineza del agregado grueso

r<sub>f</sub> ; Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado

r<sub>g</sub> ; Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto total del agregado

#### 2 Determinación de la resistencia

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA  
CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER  
UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO DE LA MUESTRA

**Resistencia probable a los 28 días**                      **fcr = 280 Kg./cm<sup>2</sup>**

#### 3 Selección del Tamaño Máximo Nominal

Para nuestro caso                      **3/4"**

#### 4 Selección del Asentamiento

Para nuestro caso                      **3-4"**

#### 5 Volumen Unitario de agua.

El Volumen Unitario de agua es                      **240.64 lt/m<sup>3</sup>**

## 6 Contenido de Aire.

Diseñaremos teniendo en cuenta que nuestra mezcla no va a estar expuesta a condiciones de intemperismo severo por lo tanto no se considerara Aire incorporado, pero si aire atrapado.

La tabla siguiente Nos da el % de aire atrapado para los diferentes tamaños máximos nominales de agregados gruesos, graduados por la norma ITINTEC 400.037 o ASTM C33

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Para nuestro caso TMN = 3/4" corresponde : **2.00%**

## 7 Tablas Para diseños de Mezclas de Hormigón Facultad de Ingeniería Civil Universidad Ricardo Palma Tabla N°3.1 Relación agua - cemento por Resistencia

fcr	a/c	
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	
300	0.55	
280	<b>0.58</b>	interpolando
250	0.62	
200	0.70	
150	0.80	

Mezcla	Relación agua cemento
PATRÓN	a/c = <b>0.58</b>

## 8 Factor Cemento.

Lo obtendremos dividiendo el Volumen Unitario de agua entre la relación agua-cemento.

Cantidad Cemento	=	a/c = 200 / 0.58
Cantidad Cemento	=	<b>414.90 Kg.</b>
1 bolsa de Cemento	=	42.5 Kg./bolsa
Factor Cemento	=	<b>9.76 bolsas/m3</b>

9 Calculo de los Volúmenes Absolutos.

Cemento	0.1317 m3
Agua	0.2406 m3
Aire	0.0200 m3
	-----
Total de Volumen hallado	<b>0.3923 m3</b>

10 Volumen Absoluto de agregado

Volumen Absoluto de agregado = **0.6077 m3**

11 Porcentajes de agregados hallados apartir del Peso Unitario Compactado del Agregado Global

rf = **53.00%** rg = **47.00%**

12 Calculo de Volúmenes Absolutos del Agregado.

Volumen Absoluto del Agregado. Fino = 0.3221 m3  
Volumen Absoluto del Agregado. Grueso = 0.2856 m3

13 Pesos Secos de los Agregados

Agregado. Fino = 850.29  
Agregado. Grueso = 762.60

14 Valores de Diseño.

Cemento **414.90** Kg./m3  
Agua de diseño **240.64** lt/m3  
Agregado. Fino seco **850.29** Kg./m3  
Agregado. Grueso seco **762.60** Kg./m3

15 **Corrección por humedad del Agregado.**

Peso húmedo del:

Agregado. Fino = **884.05** Kg./m3  
Agregado. Grueso = **769.01** Kg./m3

**Determinación de la humedad superficial de los agregados:**

Absorción del Agregado Fino 1.28%  
Absorción del Agregado Grueso 0.81%

Humedad Superficial del:

Agregado Fino 2.69%  
Agregado Grueso 0.03%

**Aporte de los agregados son:**

Aporte de humedad del:

Agregado Fino	22.87 lt/m3
Agregado Grueso	0.23 lt/m3
	-----
Aporte de humedad de los Agregados	23.10 lt/m3
Agua Efectiva	<b>217.54</b> lt/m3

**CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO CÚBICO DE OBRA.-**

Cemento Pórtland tipo I marca Sol =	414.90 kg
Agregado fino =	884.05 kg
Agregado grueso =	769.01 kg
Agua Efectiva (de Obra) =	217.54 kg

**CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO DE OBRA.-**

Cemento Pórtland tipo I marca Sol =	42.5 kg
Agregado fino =	90.56 kg
Agregado grueso =	78.77 kg
Agua Efectiva (de Obra) =	22.28 L/ bolsa

**PROPORCIONES DE LOS MATERIALES EN PESO DE OBRA.-**

Cemento Pórtland tipo I marca Sol =	1
Agregado fino =	2.13
Agregado grueso =	1.85
Agua Efectiva (de Obra) =	0.52

**PROPORCIONES DE LOS MATERIALES EN VOLUMEN APARENTE DE OBRA.-**

Cemento Pórtland tipo I marca Sol =	1
Agregado fino =	1.94
Agregado grueso =	1.99
Agua Efectiva (de Obra) =	22

### 4.3 Contrastación de la Hipótesis

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO

El concreto reciclado y su análisis de resistencia a la compresión a 3,7, 14 y 28 días. Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto de diseño Patrón y concreto Reciclado con porcentajes de agregado reciclado 20%, 40%, 60%, 80% y 100% y ver cuál de ellos se comporta de forma óptima (Tabla 42).

**Tabla 42 : Resúmenes de casos**

	Resistencia_3_días	Resistencia 7 días	Resistencia 14 días	Resistencia_2 8_días
1	162,40	208,70	274,50	307,90
2	146,90	200,10	262,30	308,60
3	153,60	156,90	243,20	284,70
4	135,40	176,80	250,10	256,10
5	133,60	162,00	213,10	239,40
6	134,50	200,90	200,50	238,30
7	163,30	201,90	268,80	276,80
8	156,60	203,70	284,00	296,40
9	127,30	170,00	236,10	284,10
10	126,00	170,80	240,50	224,40
11	129,10	154,60	228,50	232,90
12	124,20	167,90	211,70	243,30
13	159,80	210,20	269,10	276,60
14	160,70	214,50	265,40	292,70
15	150,00	166,50	252,30	279,10
16	135,80	188,40	246,70	270,20
17	127,40	146,70	189,30	222,70
18	130,00	145,00	204,10	239,40
N	18	18	18	18
Media	142,0333	180,3111	241,1222	265,2000
Mediana	135,6000	173,8000	244,9500	273,4000
Mínimo	124,20	145,00	189,30	222,70
Máximo	163,30	214,50	284,00	308,60
Rango	39,10	69,50	94,70	85,90
Desv. típ.	14,33507	23,31008	27,99419	28,47932
Varianza	205,494	543,360	783,675	811,072

a. Limitado a los primeros 100 casos.

**Tabla 43 : Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)**

		Descriptivos		Estadístico	Error típ.
		Edad			
Resistencia_a_la_Compr esión	Compresión a edad de 3 día	Media		142.0333	3.37881
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	134.9047 149.1620	
		Media recortada al 5%		141.8426	
		Mediana		135.6000	
		Varianza		205,494	
		Desv. típ.		14.33507	
		Mínimo		124.20	
		Máximo		163.30	
		Rango		39.10	
		Amplitud intercuartil		28.73	
	Asimetría		,311	,536	
	Curtosis		-1,655	1,038	
	Compresión a edad de 7 día	Media		180.3111	5.49424
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	168.7193 191.9029	
		Media recortada al 5%		180.3735	
		Mediana		173.8000	
		Varianza		543,360	
		Desv. típ.		23.31008	
		Mínimo		145.00	
		Máximo		214.50	
Rango			69.50		
Amplitud intercuartil			41.63		
Asimetría		,026	,536		
Curtosis		-1,504	1,038		
Compresión a edad de 14 día	Media		241.1222	6.59829	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	227.2010 255.0434		
	Media recortada al 5%		241.6191		
	Mediana		244.9500		
	Varianza		783,675		
	Desv. típ.		27.99419		
	Mínimo		189.30		
	Máximo		284.00		
	Rango		94.70		
	Amplitud intercuartil		53.50		
Asimetría		-,366	,536		
Curtosis		-,938	1,038		
Compresión a edad de 28 día	Media		265.2000	6.71264	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	251.0376 279.3624		
	Media recortada al 5%		265.1500		
	Mediana		273.4000		
	Varianza		811,072		
	Desv. típ.		28.47932		
	Mínimo		222.70		
	Máximo		308.60		
	Rango		85.90		
	Amplitud intercuartil		47.58		
Asimetría		-,036	,536		
Curtosis		-1,382	1,038		

**A.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 3 días (*Tabla 43*).

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 3 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 3 días no tiene una distribución normal.

**B.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 7 días.

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

**C.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 14 días.

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días no tiene una distribución normal.

**D.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la compresión a edad de 28 días.

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días no tiene una distribución normal..

El SPSS v22 (tabla 44) nos arroja el siguiente resultado:

**Tabla 44 : Prueba de Normalidad**

Pruebas de normalidad							
	Edad	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia _a_la_Com presión	Compresión a edad de 3 día	,224	18	,018	,873	18	0,020
	Compresión a edad de 7 día	,191	18	,082	,918	18	0,117
	Compresión a edad de 14 día	,119	18	,200 <sup>*</sup>	,954	18	0,491
	Compresión a edad de 28 día	,168	18	,194	,927	18	0,170

**A.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 3 días: el p-valor  $0.020 < 0.05$  esto nos dice que se Rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 3 días no tiene una distribución normal”.

**B.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 7 días: el p-valor  $0.117 > 0.05$  esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto

Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días tiene una distribución normal”.

**C.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 14 días: el p-valor  $0.491 > 0.05$  esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días tiene una distribución normal”.

**D.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 28 días: el p-valor  $0.170 > 0.05$  esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la compresión usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días tiene una distribución normal”.

Observación: Como los datos no tienen una distribución normal y son independientes usamos la prueba no paramétrica ANÁLISIS DE VARIANZA EN UNA DIRECCIÓN POR RANGOS DE KRUSKAL-WALLIS

Es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar 3 o más grupos independientes cuando no se verifican los requisitos exigidos para aplicar el análisis de varianza simple.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left[ \frac{(\sum R_i)^2}{n} \right] \cdot 3N(k \cdot 1)$$

N: número total de sujetos

$N = n_1 + n_2 + \dots + n$

k : # de grupos

n : número de sujetos de cada muestra

R<sub>i</sub>: suma de rangos de la muestra “i”

gl: k - 1

Análisis estadístico de cada dimensión de la investigación

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a Edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58.

**H<sub>1</sub>:** Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a Edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58.

### Resumen de prueba de hipótesis

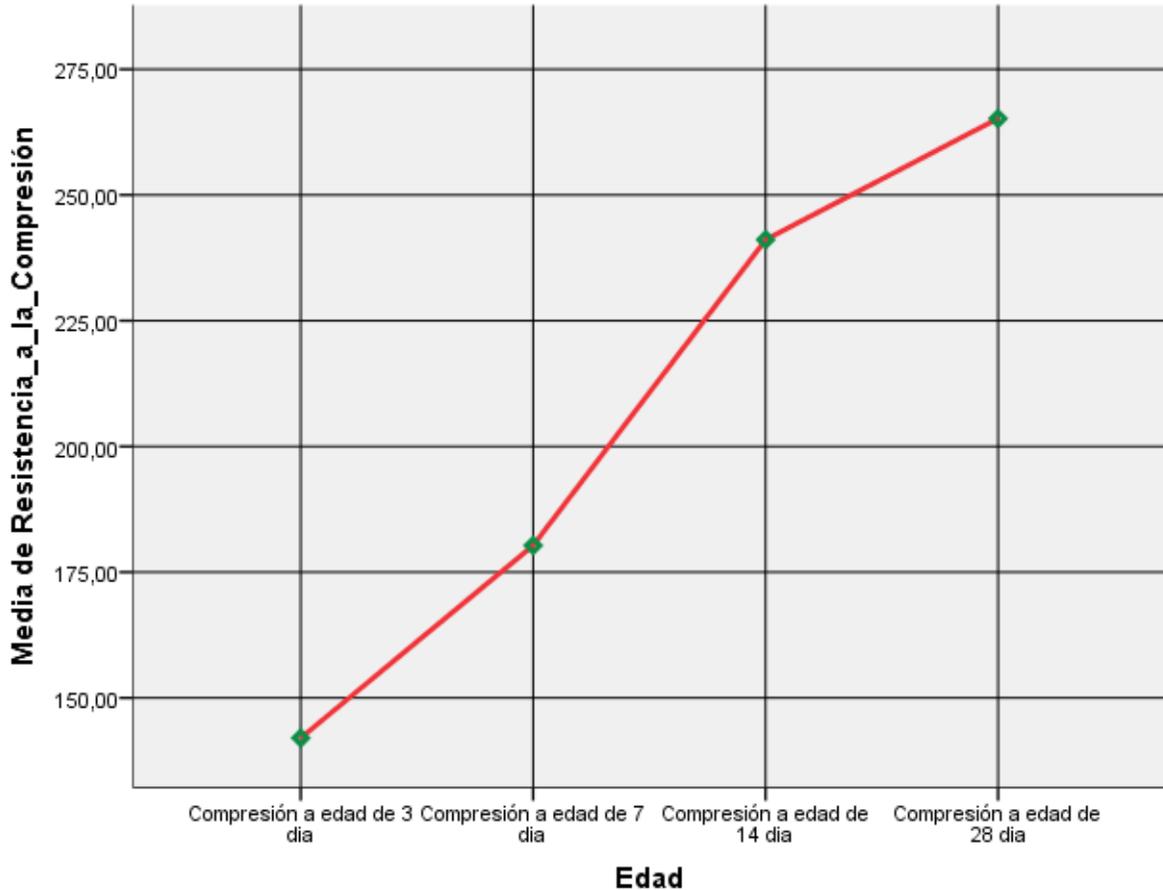
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Resistencia_a_la_Compresión es la misma entre las categorías de Edad.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

El SPSS v22 nos da un p-valor de  $0.000 < 0.05$  esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a Edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58.” (Gráfico 8).

### Gráfico 8 : Medias Aritméticas:

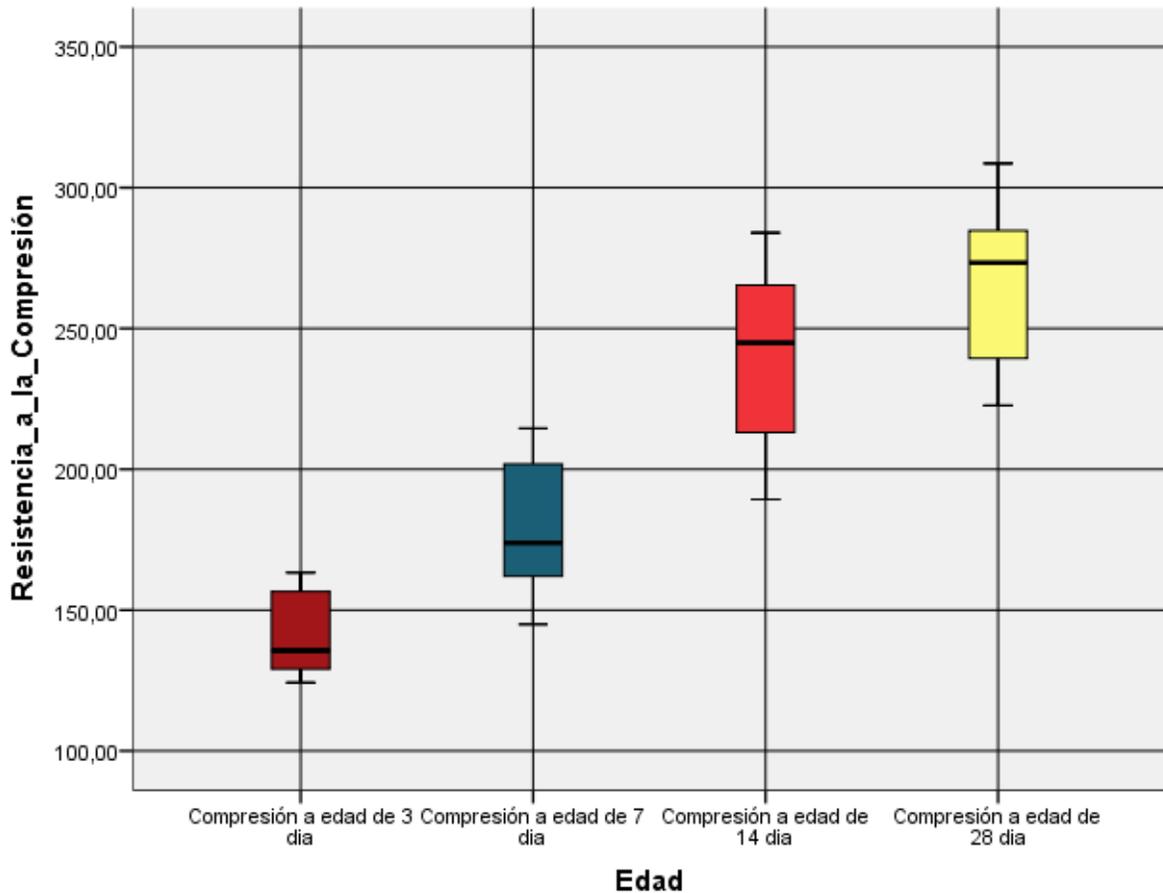
**Gráfico de Medias Aritméticas de la resistencia a la Compresión a la edad de 3, 7, 14 y 28 días de la Mezcla de Prueba de Concreto Reciclado**



Este Gráfico de Medias Aritméticas de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I en donde se observa que si existen diferencias significativas, conforme avanza la edad en días se obtiene mayor resistencia a la compresión y se confirman que “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a Edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58” (Gráfico 9).

### Gráfico 9 : de la caja de resistencia a la compresión

Gráfico de caja de la resistencia a la Compresión a la edad de 3, 7, 14 y 28 días de la Mezcla de Prueba de Concreto Reciclado



Este gráfico de cajas nos da **la mediana** de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I en donde se observa que si existen diferencias significativas, conforme avanza la edad en días se obtiene mayor resistencia a la compresión y se confirman que “Sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a Edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58”

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN USANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO

El concreto reciclado y su análisis de resistencia a la tracción a Edad de 7, 14 y 28 días. Para analizar y determinar las diferencias entre el concreto de diseño Patrón y concreto Reciclado con porcentajes de agregado reciclado 20%, 40%, 60%, 80% y 100% y ver cuál de ellos se comporta de forma óptima (Tabla 45).

**Tabla 45 : Resúmenes de casos del ensayo de la Resistencia a la Tracción usando agregado grueso reciclado**

	Resistencia_7_días	Resistencia_14_días	Resistencia_28_días
1	17.40	19.90	26.80
2	20.00	18.80	27.70
3	21.00	21.00	24.10
4	17.40	21.50	20.80
5	16.30	16.80	21.20
6	17.30	19.60	22.30
7	18.20	21.40	27.40
8	19.10	20.90	24.20
9	17.30	18.20	23.50
10	15.40	14.50	19.90
11	17.00	17.30	23.40
12	16.60	15.40	19.70
13	18.20	20.20	26.90
14	20.30	20.70	22.10
15	16.10	20.50	23.20
16	19.90	21.60	20.40
17	16.60	17.50	21.50
18	17.00	20.20	22.60
N	18	18	18
Media	17.8389	19.2222	23.2056
Mediana	17.3500	20.0500	22.9000
Mínimo	15.40	14.50	19.70
Rango	5.60	7.10	8.00
Desviación estándar	1.60152	2.14957	2.57236
Varianza	2,565	4,621	6,617

Limitado a los primeros 100 casos.

**Tabla 46: Prueba de ajuste (Prueba de Normalidad)**

			Descriptivos		
	Edad		Estadístico	Error estándar	
Resistencia_a_la_Tracción	Tracción a edad de 7 días	Media	17.8389	.37748	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	17.0425	
			Límite superior	18.6353	
		Media recortada al 5%	17.7988		
		Mediana	17.3500		
		Varianza	2,565		
		Desviación estándar	1.60152		
		Mínimo	15.40		
		Máximo	21.00		
		Rango	5.60		
		Rango intercuartil	2.70		
		Asimetría	,621	,536	
		Curtosis	-,618	1,038	
	Tracción a edad de 14 días	Media	19.2222	.50666	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	18.1533	
			Límite superior	20.2912	
		Media recortada al 5%	19.3525		
		Mediana	20.0500		
		Varianza	4,621		
		Desviación estándar	2.14957		
		Mínimo	14.50		
		Máximo	21.60		
		Rango	7.10		
		Rango intercuartil	3.47		
		Asimetría	-,901	,536	
		Curtosis	-,167	1,038	
	Tracción a edad de 28 días	Media	23.2056	.60631	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	21.9264	
			Límite superior	24.4848	
		Media recortada al 5%	23.1506		
		Mediana	22.9000		
		Varianza	6,617		
		Desviación estándar	2.57236		
Mínimo		19.70			
Máximo		27.70			
Rango		8.00			
Rango intercuartil		3.75			
Asimetría		,516	,536		
Curtosis		-,807	1,038		

**E. Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 7 días (Tabla 46).**

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días no tiene una distribución normal.

**F.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 14 días.

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días no tiene una distribución normal.

**G.** Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con respecto a su resistencia a la tracción a edad de 28 días.

**H<sub>0</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días tiene una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días no tiene una distribución normal..

El SPSS v22 (Tabla 47) nos arroja el siguiente resultado:

**Tabla 47 : Pruebas de normalidad**

	Edad	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia_a _la_Tracción	Tracción a edad de 7 días	0,219	18	0,022	0,928	18	0,182
	Tracción a edad de 14 días	0,181	18	0,123	0,897	18	0,051
	Tracción a edad de 28 días	0,141	18	0,200*	0,923	18	0,148

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**E.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 7 días: el p-valor 0.182 > 0.05 esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 7 días tiene una distribución normal”.

**F.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 14 días: el p-valor 0.051 > 0.05 esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 14 días tiene una distribución normal”.

**G.** Resultado para Prueba de Normalidad para el Concreto Reciclado con Cemento Tipo 1, a edad de 28 días: el p-valor 0.148 > 0.05 esto nos dice que se acepta la hipótesis nula: “La Distribución de los datos del ensayo para el Concreto Reciclado de la resistencia a la tracción usando el Cemento tipo I a la edad de 28 días tiene una distribución normal”.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SEGÚN LA EDAD

Para analizar los resultados de resistencia a la tracción y determinar las diferencias entre el concreto de diseño Patrón y Concreto Reciclado con porcentajes de agregado reciclado 20%, 40%, 60%, 80% y 100% a edad de 7, 14 y 28 días y ver cuál de ellos tiene mejores resultados, para ello se consideró que es indispensable la selección de los porcentajes de las mezclas de prueba de Cemento Reciclado, en el tiempo y observar las diferencias existentes para ello usaremos la prueba estadística Anova de un factor, que es una prueba paramétrica que se utiliza para comparar las medias aritméticas de dos o más poblaciones independientes.

### Prueba Anova de un Factor

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias estadísticas significativas entre las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado.

**H<sub>1</sub>:** Por lo menos una de las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado es diferente a por lo menos uno de las otras.

Se presentan los resultados en la *tabla 48*.

**Tabla 48 : Anova Resistencia ala Tracción**

ANOVA					
Resistencia_a_la_Tracción					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	279,490	2	139,745	30,374	,000
Dentro de grupos	234,643	51	4,601		
Total	514,133	53			

El p-valor:  $0.000 < 0.05$  esto nos permite decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: “Por lo menos una de las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado es diferente a por lo menos uno de las otras” Se muestran los resultados a continuación (tabla 49).

**Tabla 49 : Prueba de comparación entre los grupos de análisis: Pruebas post hoc**

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Resistencia\_a\_la\_Tracción

	(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Tracción a edad de 7 días	Tracción a edad de 14 días	-1.38333	.71499	.139	-3.1093	.3426
		Tracción a edad de 28 días	-5.36667*	.71499	.000	-7.0926	-3.6407
	Tracción a edad de 14 días	Tracción a edad de 7 días	1.38333	.71499	.139	-.3426	3.1093
		Tracción a edad de 28 días	-3.98333*	.71499	.000	-5.7093	-2.2574
	Tracción a edad de 28 días	Tracción a edad de 7 días	5.36667*	.71499	.000	3.6407	7.0926
		Tracción a edad de 14 días	3.98333*	.71499	.000	2.2574	5.7093
Scheffe	Tracción a edad de 7 días	Tracción a edad de 14 días	-1.38333	.71499	.164	-3.1861	.4195
		Tracción a edad de 28 días	-5.36667*	.71499	.000	-7.1695	-3.5639
	Tracción a edad de 14 días	Tracción a edad de 7 días	1.38333	.71499	.164	-.4195	3.1861
		Tracción a edad de 28 días	-3.98333*	.71499	.000	-5.7861	-2.1805
	Tracción a edad de 28 días	Tracción a edad de 7 días	5.36667*	.71499	.000	3.5639	7.1695
		Tracción a edad de 14 días	3.98333*	.71499	.000	2.1805	5.7861

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

El p-valor de comparación de las pruebas Post Hoc:

1° Podemos observar que para la Prueba Post Hoc HSD Tukey hay diferencias significativas entre:

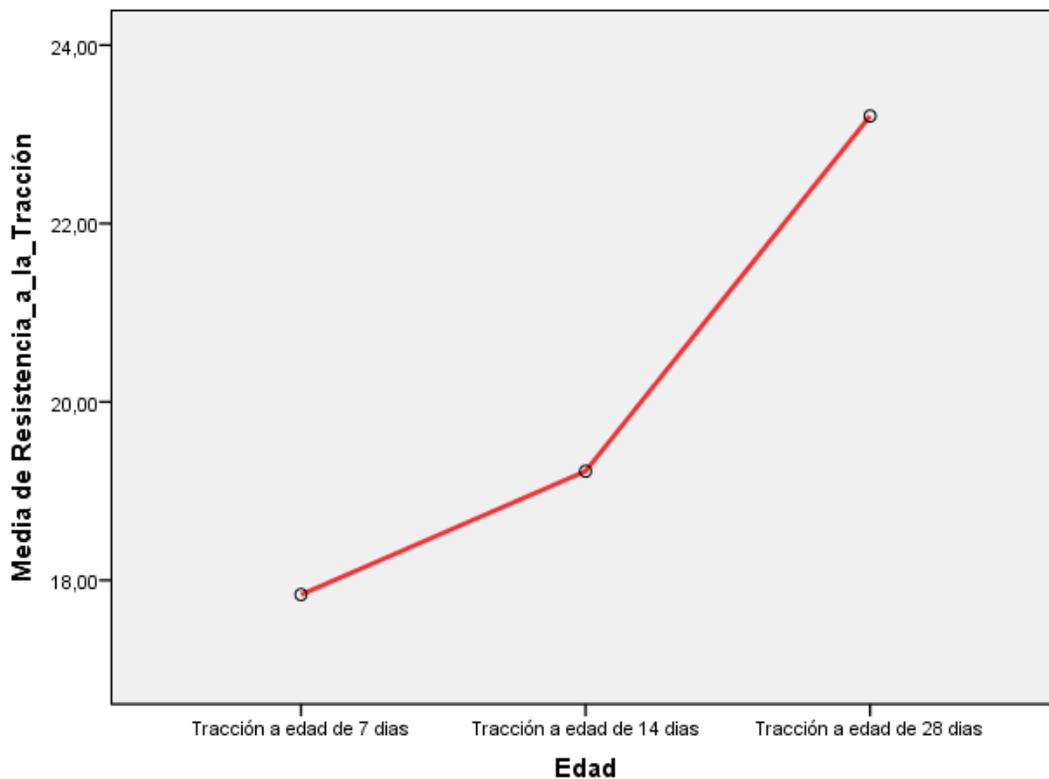
- La Resistencia de tracción a edad de 28 días y la Resistencia de tracción a edad de 7 días cuyo p-valor es  $p = 0.000 < 0.05$
- La Resistencia de tracción a edad de 28 días y la Resistencia de tracción a edad de 14 días cuyo p-valor es  $p = 0.000 < 0.05$

2° El resultado anterior de la Prueba Post Hoc HSD Tukey se comprueba con la Prueba Post Hoc Scheffe donde hay diferencias significativas entre:

- La Resistencia de tracción a edad de 28 días y la Resistencia de tracción a edad de 7 días cuyo p-valor es  $p = 0.000 < 0.05$
- La Resistencia de tracción a edad de 28 días y la Resistencia de tracción a edad de 14 días cuyo p-valor es  $p = 0.000 < 0.05$

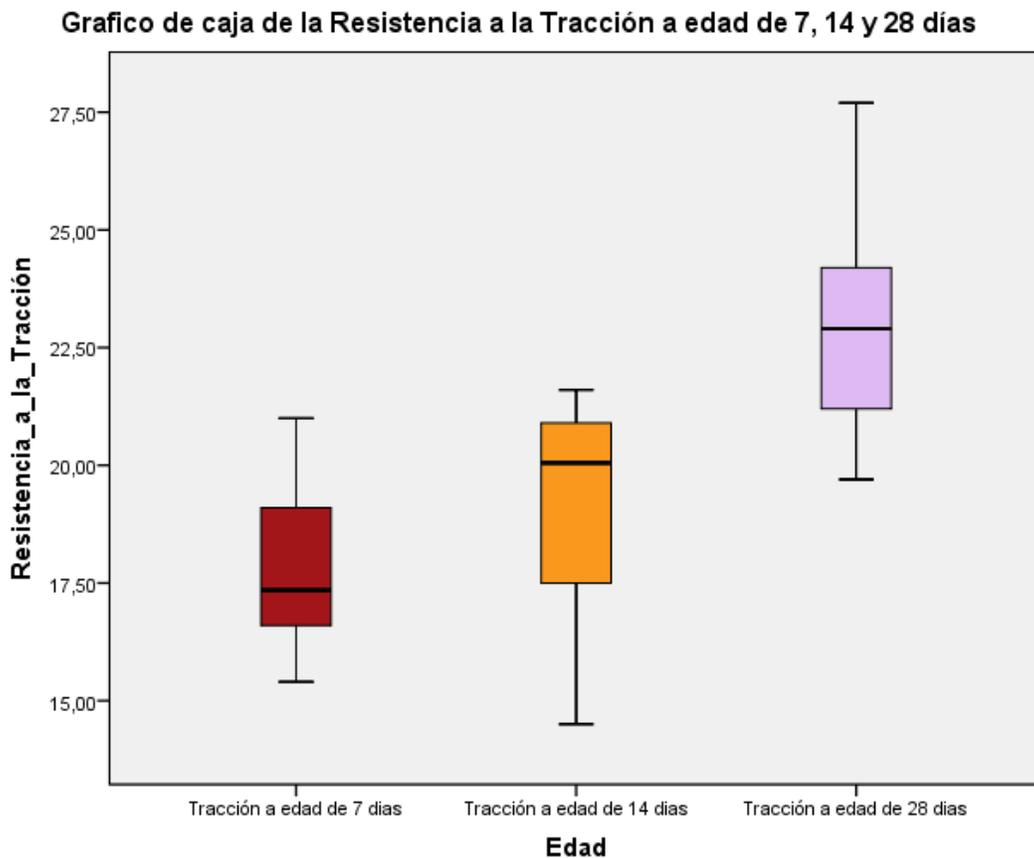
### Gráfico 10: de las medias aritméticas de la resistencia a la tracción

Grafico de las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado



El diagrama de Medias Aritméticas (Grafico 10) nos da el comportamiento de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días lo que confirma nuestra hipótesis alterna: “Por lo menos una de las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado es diferente a por lo menos uno de las otras”

**Gráfico 11 : de caja de la resistencia a la tracción**



El diagrama de la Medianas (Gráfico 11) nos da el comportamiento de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días lo que confirma nuestra hipótesis alterna: “Por lo menos una de las medias aritméticas de la Resistencia a la Tracción a edad de 7, 14 y 28 días de Mezclas de Prueba con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado es diferente a por lo menos uno de las otras”

#### **4.4. Discusión**

LOPEZ GAYERRE, FERNANDO (2008) autor de la tesis “INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN Y FABRICACIÓN DE HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL:”

“Con sustituciones del 20% del árido reciclado grueso la cantidad de superplastificante utilizada es la misma que en un hormigón convencional, por lo que el efecto de pequeñas cantidades de árido reciclado apenas afecta a la trabajabilidad del hormigón. Para mayores niveles de sustitución es preciso incrementar la dosificación del aditivo para mantener la consistencia deseada.”

La presente tesis nos indicó:

“Que al haber usado el agregado reciclado en la dosificación del concreto no mejora la resistencia del concreto, al contrario reduce su resistencia a la compresión y a la tracción.

Los diagramas comparativos de la resistencia de concreto a la compresión, se concluyó que al reemplazar el 40% del agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado, no presenta una caída considerable en la su resistencia, sin embargo a partir del reemplazar el 60% del agregado se nota un descenso en su resistencia .”.

## CONCLUSIONES

1. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la resistencia a la compresión del concreto reciclado con cemento Tipo I a la edad de 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58. Por lo que podemos concluir que al reemplazar el agregado natural por agregado reciclado se altera desfavorablemente la resistencia a la compresión del concreto, sobre todo cuando se reemplaza en cantidades mayores al 40% de agregado grueso.
2. El análisis indica diferencias significativas entre los resultados de la resistencia a la tracción del concreto reciclado con cemento Tipo I a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, con relación Agua/Cemento 0.58. Por lo que podemos concluir que al reemplazar el agregado natural por agregado reciclado se altera desfavorablemente la resistencia a la tracción.
3. El agregado reciclado tiene una mayor porosidad por tener adherido mortero en su superficie, dándole la característica de tener una mayor absorción y afectando la resistencia.

## RECOMENDACIONES

1. La técnica usada para la trituración del concreto con la finalidad de obtener el agregado reciclado es muy importante, ya que la cantidad de mortero que queda adherido al agregado es lo que influye en la capacidad de absorción de este y disminuye la cantidad de agua efectiva. Por lo que se recomienda que el material sea procesado por una chancadora primaria y luego por una chancadora secundaria.
2. Se recomienda hacer una selección adecuada del material que será triturado para la fabricación del agregado ya que este debe estar libre de material extraño (madera, acero, plástico, etc.).
3. Se recomienda para la fabricación de agregado reciclado, el uso de concreto de mayor resistencia al que se desea fabricar, ya que esto servirá para que el mortero adherido tenga un mejor comportamiento como agregado.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Ponce, C.P. (2014) *Estudio de concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento Portland tipo I*. Tesis profesional. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
2. Anicama, G.A. (2010) *Estudio experimental del empleo de materiales de desechos en procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicos*. Tesis profesional. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
3. Lopez, F. (2008) *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas*. Tesis Doctoral. Departamento de construcción e ingeniería de fabricación, Universidad de Oviedo
4. Alejos, M. (2006) *Utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural*. Monografías
5. Barra, M. (1996) *Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación al Hormigón estructural*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
6. Bedoya, C.M. (2003) *El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles*. Tesis Doctoral. Escuela Hábitat, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
7. Norma Técnica de Edificación E.060 (Concreto Armado (2009)). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
8. Norma Técnica Peruana 400.012:2001 (2001) *Agregados, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
9. Norma ASTM C39 *Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto*.

## ANEXOS

### Anexo N°01: Operacionalización de variables

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO OBTENIDO EN EL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD RICARDO PALMA						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES	INDICES	
<p><b>PROBLEMA PRINCIPAL</b></p> <p>¿En qué medida la cantidad de agregado grueso reciclado usado en la dosificación de la mezcla influye en la calidad del concreto reciclado?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Analizar en qué medida la cantidad de agregado grueso reciclado usado en la dosificación de la mezcla influye en las propiedades mecánicas del concreto.</p>	<p><b>HIPOTESIS PRINCIPAL</b></p> <p>El uso del agregado grueso reciclado en la dosificación de la mezcla, no influirá en la calidad del concreto reciclado</p>	<p style="text-align: center;"><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Cantidad de agregado grueso reciclado</p>	<p style="text-align: center;"><b>INDICADORES</b></p> <p>Porcentaje de agregado triturado.</p> <p>Mezcla de prueba</p>	<p style="text-align: center;"><b>INDICES</b></p> <p><b>Porcentaje de agregado</b> Selección granulométrica del agregado</p> <p>Resultado ensayos a los que se someten los agregados</p> <p><b>Mezcla de prueba</b> Resultado de los ensayos de materiales en laboratorio</p> <p>Resultado de ensayo de cono de Abrahams</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Basica : ya que investiga la relación existente entre la variable independiente que es el porcentaje de agregado reciclado y la variable dependiente que son las propiedades mecánicas del concreto</p> <p>Cualitativa: porque se interpretaron los resultados de los ensayos realizados lo cual nos hizo comprender el efecto que tiene la variable sobre las propiedades del</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿En qué medida el porcentaje del agregado triturado usado influye en las propiedades del concreto reciclado para Lima Metropolitana?</p> <p>Se cree que las mezclas de prueba podrán establecer como se influye en la resistencia a la compresión y tracción del concreto reciclado para Lima Metropolitana.</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Definir el porcentaje del agregado triturado para optimizar las propiedades del concreto reciclado para Lima Metropolitana.</p> <p>Comparar las mezclas de prueba para establecer cómo se influye en la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto reciclado para Lima Metropolitana.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>Al variar el porcentaje de agregado triturado en la mezcla se mantendrán las propiedades de concreto reciclado</p> <p>• La realización de mezclas de prueba de concreto reciclado podrá establecer que la resistencia a la compresión y a la tracción no se verá afectada</p>	<p style="text-align: center;"><b>VARIABLE DEPENDIENTE DEPENDIENTE</b></p> <p>Calidad del concreto</p>	<p style="text-align: center;"><b>INDICADORES</b></p> <p>Propiedades del concreto reciclado</p> <p>Resistencia a la compresión y tracción del concreto</p>	<p style="text-align: center;"><b>INDICES</b></p> <p><b>Propiedades del concreto</b></p> <p>Resultado de los ensayos de materiales en laboratorio</p> <p>Resultado al ensayo de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción</p> <p>Forma y textura superficial</p> <p><b>Resistencia deseada</b></p> <p>Resultado al ensayo de resistencia a la compresión</p> <p>Relación agua/cemento</p>	<p style="text-align: center;"><b>Diseño de investigación</b></p> <p>El diseño de la investigación es experimental, ya que los resultados fueron tomados de los ensayos realizados en el laboratorio para esta investigación. También es transversal ya que se analiza las propiedades del concreto reciclado en un momento dado.</p>

