



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA
CANTERA “RIO CAJAMARQUINO” PARA LA
ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA
PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Susan Grettel Alcalde Paredes

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca – Perú
2015

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Susan Grettel Alcalde Paredes**, denominada:

EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA “RIO CAJAMARQUINO” PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015”

Ing. Alejandro Cubas Becerra
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Teresa Chávez Toledo
JURADO

Ing. Iván Mejía Díaz
JURADO

DEDICATORIA

A mis padres que siempre me apoyaron desde pequeña.

A mi hermana quien me acompañó en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes que me educaron con ejemplo y guiaron con su experiencia,
inculcándome valores y conocimiento.

A mi familia que me apoyo en lo que necesité.

A mis amigos quienes me hicieron sentir que la universidad se disfruta y es un
lugar para aprender y aprovechar.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases Teóricas	17
2.2.1. <i>Concreto permeable</i>	17
2.2.2. <i>Materiales</i>	17
2.2.3. <i>Diseño de concreto ACI 211.3R-02</i>	21
2.2.4. <i>Pavimento rígido</i>	22
2.2.5. <i>Ensayos</i>	23
2.3. Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	27
3.1. Formulación de la hipótesis.....	27
3.2. Operacionalización de variables	27
3.2.1. <i>Variables Independientes (VI)</i>	27
3.2.2. <i>Variables dependientes (VD)</i>	27
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y METODOS.....	28
4.1. Tipo de diseño de investigación	28
4.2. Material	28
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i>	28
4.2.2. <i>Población</i>	28
4.3. Métodos	29
4.3.1. <i>Muestra</i>	29
4.3.2. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i>	29
4.3.3. <i>Procedimientos</i>	32
CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....	44

5.1.	Agregados.....	44
5.1.1.	<i>Ensayo contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.....</i>	<i>44</i>
5.1.2.	<i>Ensayo análisis granulométrico del agregado grueso</i>	<i>44</i>
5.1.3.	<i>Peso específico y absorción.....</i>	<i>45</i>
5.1.4.	<i>Peso unitario de agregado grueso.....</i>	<i>46</i>
5.1.5.	<i>Resistencia a la degradación.....</i>	<i>47</i>
5.1.6.	<i>Infiltración del concreto ASTM C1701</i>	<i>48</i>
5.2.	Concreto.....	49
CAPÍTULO 6. RESULTADOS		53
6.1.	Agregados.....	53
6.1.1.	<i>Contenido de humedad 330.185 – 2002.</i>	<i>53</i>
6.1.2.	<i>Análisis Granulométrico 400.012 – 2001.....</i>	<i>53</i>
6.1.3.	<i>Peso específico y absorción 400.021-2002.....</i>	<i>54</i>
6.1.4.	<i>Peso unitario de agregado grueso 400.017 – 1999.....</i>	<i>54</i>
6.1.5.	<i>Resistencia a la degradación del agregado grueso 400.019 – 2002.</i>	<i>54</i>
6.2.	Concreto.....	55
6.2.1.	<i>La resistencia a 14 días.....</i>	<i>55</i>
6.2.2.	<i>La resistencia a 28 días.....</i>	<i>58</i>
6.3.	Pavimento	70
6.4.	Estructura.....	71
6.4.1.	<i>Diseños de estructuras de pavimentos.....</i>	<i>71</i>
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....		73
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		76
REFERENCIAS.....		77
ANEXOS		79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de husos granulométricos	20
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	27
Tabla 3: Clasificación de lluvia según su intensidad.	30
Tabla 4: Tabla de pesos mínimos por muestra	33
Tabla 5: Tamaño de la muestra de agregado.....	35
Tabla 6: Peso de la muestra por tamaño máximo nominal	37
Tabla 7: Aparatos para hallar el peso unitario de agregado grueso	40
Tabla 8: Gradación de las muestras de ensayos.	42
Tabla 9: Aparatos para determinar la infiltración para concreto permeable en sitio	43
Tabla 10: Infiltración para concreto permeable en sitio	43
Tabla 11: Valores efectivos para la relación b/bo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1: Avenidas Vía de Evitamiento y Hoyos Rubio inundadas	12
Gráfico 2: Vista satelital de la cantera "Río Cajamarquino"	28
Gráfico 3: Cantera "Río Cajamarquino"	29
Gráfico 4: Cuarteo de agregados	30
Gráfico 5: Mapa de precipitaciones mensuales en la cuenca de Cajamarca en mm/min.....	31
Gráfico 6: Material a ser secado en el horno.....	36
Gráfico 7: Agregado y tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8" y #4 para ensayo de granulometría	37
Gráfico 8: Peso específico del agregado.....	39
Gráfico 9: Agregado y recipiente para determinar el peso unitario del agregado.	41
Gráfico 10: Agregado a ser ensayado por la máquina de los Ángeles.....	42
Gráfico 11: Mínimo contenido de vacíos basado en la percolación NAA-NRMCA	50
Gráfico 12: Relación entre contenido de pasta y contenido de vacíos	50
Gráfico 13: Relación entre contenido de vacíos y resistencia a compresión.....	50
Gráfico 14: Curva granulométrica del agregado.....	54
Gráfico 15: Datos probeta 1 a los 14 días.	55
Gráfico 16: Datos probeta 2 a los 14 días	55
Gráfico 17: Datos probeta 3 a los 14 días.	56
Gráfico 18: Datos probeta 4 a los 14 días.	56
Gráfico 19: Datos probeta 5 a los 14 días.	57
Gráfico 20: Datos probeta 6 a los 14 días.	57
Gráfico 21: Datos probeta 7 a los 28 días.	58
Gráfico 22: Datos probeta 8 a los 28 días.	58
Gráfico 23: Datos probeta 9 a los 28 días.	59
Gráfico 24: Datos probeta 9 a los 28 días.	59
Gráfico 25: Datos probeta 11 a los 28 días.	60
Gráfico 26: Datos probeta 12 a los 28 días.	60
Gráfico 27: Ensayo a compresión.	61
Gráfico 28: Probeta N°1 D1	62
Gráfico 29: Probeta N°2 D1	62
Gráfico 30: Probeta N°3 D1	63
Gráfico 31: Probeta N°4 D1	63
Gráfico 32: Probeta N°5 D1	64
Gráfico 33: Probeta N°6 D1	64
Gráfico 34: Probeta N°7 D1	65
Gráfico 35: Probeta N°8 D1	65
Gráfico 36: Probeta N°9 D1	66
Gráfico 37: Probeta N°10 D1.....	66
Gráfico 38: Probeta N°11 D1.....	67
Gráfico 39: Probeta N°12 D1.....	67
Gráfico 40: Restos de concreto.	68
Gráfico 41: Agregado destrozado.....	68
Gráfico 42: Agregado destrozado.....	69
Gráfico 43: Agregado destrozado.....	69
Gráfico 44: Agregado destrozado.....	70

Gráfico 45: Ensayo de infiltración ASTM C 1701.	70
Gráfico 46: Pavimento con drenaje por tubería intermedia.	71
Gráfico 47: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con Over como subbase.	71
Gráfico 48: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con cuneta.	72
Gráfico 49: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con cuneta y over.	72
Gráfico 50: Falla del agregado del concreto.	73
Gráfico 51: Relación de resistencia a los 14 y 28 días.	75

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en analizar un agregado proveniente de la cantera “Río Cajamarquino” con el fin de determinar si sus propiedades físico – mecánicas permiten fabricar un concreto permeable que cumpla con la resistencia mínima para su uso en pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

Se analizó al agregado por medio de ensayos de laboratorio propuestos según las normas peruanas en vigencia (NTP) y se determinaron sus características para la fabricación de concreto permeable con un porcentaje de vacíos adecuado para la cuenca de Cajamarca. Se realizó el diseño de mezcla según lo establecido por el ACI 211.3R-02 y se comparó el resultado de resistencia a compresión con la resistencia mínima requerida para su utilización en pavimentos rígidos ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).

Los resultados de los ensayos realizados para el agregado y concreto, muestran mediante indicadores, sus propiedades y características.

Teniendo como resultado de los ensayos a los agregados; contenido de humedad 3.99%, granulometría con el huso 67, porcentaje de abrasión 24.65%, Peso unitario de agregado porcentaje de absorción 2.02%, peso unitario 1639.36 kg/m^3 ; y los resultados del ensayo a compresión de las probetas de concreto a 28 días con $f'c=68.41\text{kg/cm}^2$.

Finalmente, de los ensayos, se determinó que el agregado por sí solo, no cumple lo requerido para fabricar un concreto drenante ya que su resistencia 28 días no satisface la necesaria.

ABSTRACT

Present research focuses on analyzing aggregate from the quarry "Río Cajamarquino" in order to determine if their physical - mechanical properties allow fabricate permeable concrete that meets the minimum resistance for use in pavements in the city of Cajamarca.

We analyzed the aggregate through laboratory tests proposed by Peruvian standards in force (NTP) and its characteristics were determined for making pervious concrete with a percentage of empty suitable for the basin of Cajamarca. Mix design was performed as established by ACI 211.3R -02, appendix 6 and the result of compressive strength with the minimum strength required for use in rigid pavements ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$) was compared

The results of tests conducted for aggregate and concrete, shown by indicators, their properties and characteristics. Taking as a result of the tests aggregates; 3.99% moisture content, particle size with the spindle 67, abrasion percentage of 24.65 %, Unit weight aggregate absorption rate 2.02 %, unit weight 1639.36 kg/m^3 ; and the test results of compressive concrete specimens 28 days with $f'c=68.41 \text{ kg/cm}^2$.

Finally, of the tests, it was determined to that, the concrete without addition not achieved the resistance required for a pervious concrete to 28 days.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En ciudades donde la mayor parte del año llueve, existen diversos problemas debidos al exceso de agua, especialmente cuando se presentan intensidades máximas en tiempos cortos. Cajamarca es una ciudad donde el drenaje resulta ser insuficiente cuando se presentan este tipo de lluvias.

SENAMHI presenta los registros de algunas de las más fuertes intensidades habidas en la ciudad en el último año (2015); lunes 9 de febrero, miércoles 11 de febrero y 19 de febrero, llegando aproximadamente a 30 litros por m².

Gráfico 1: Avenidas Vía de Evitamiento y Hoyos Rubio inundadas



Fuente: Diario "El comercio" lunes 19 de enero del 2015.

En vista de las inundaciones y del problema más común de proyecciones de agua al paso de los vehículos, se desea plantear un concreto para pavimentos que facilite el drenaje del agua y brinde las correctas características funcionales y estructurales como seguridad, comodidad y resistencia a la deformación y fatiga.

Con la existencia de un pavimento permeable se reduce la posibilidad del hidroplaneo (pérdida de tracción y control sobre el vehículo cuando atraviesa una superficie

cubierta por agua) las proyecciones de agua al paso de los distintos vehículos, mejora la adherencia y visibilidad en la calzada; reduce el ruido provocado por la circulación, elimina los charcos; mejora las condiciones de seguridad.

Por cuanto es importante investigar sobre esta nueva tecnología en la construcción de pavimentos y evaluar su aplicación en la ciudad de Cajamarca, cuyo objetivo específico es brindar una alternativa más para poder asfaltar carreteras y calles. La problemática o necesidad radica en brindar una solución eficiente con mayor seguridad y mejore la calidad de vida de los ciudadanos.

Para ello, necesitamos disponer de óptimos materiales para elaborar dicho concreto; teniendo en cuenta que el agregado es el componente con mayor incidencia en un concreto, es necesario conocer si en las canteras que abastecen para las obras de infraestructura vial en la ciudad de Cajamarca cumplen con las características requeridas para la elaboración de concreto permeable.

1.2. Formulación del problema

¿El agregado de la cantera "Río Cajamarquino" cumple con lo especificado en las normas técnicas para elaborar concreto permeable para pavimentos rígidos?

1.3. Justificación

La falta de información sobre los agregados disponibles en la ciudad para su uso en concreto permeable nos invita a investigar sobre ellos y determinar si son un material adecuado para ser utilizado.

1.4. Limitaciones

Una de las principales limitaciones es la inexistencia de ensayos para la mezcla en estado fresco del concreto diseñado bajo la norma AC 211.3R-02.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el agregado proveniente de la cantera “Río Cajamarquino” para la elaboración de concreto permeable para pavimentos rígidos.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características físico – mecánicas del agregado proveniente de la cantera “Río Cajamarquino” que interviene en la mezcla.
- b) Determinar las características mecánicas del concreto permeable.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El pavimento permeable o poroso es una estructura multicapa, compuesta de materiales granulares cuya distribución granulométrica facilita la percolación del agua de lluvia al interior de la estructura, para drenar, mantener e infiltrar de forma gradual en el suelo natural y/o conducirla de forma eficiente a través del sistema de drenaje a zonas seguras, obteniéndose un beneficio ambiental y de seguridad para el usuario. (Pierson, 1902).

El uso comenzó con los romanos en el siglo IX A.C en donde los principales materiales fueron la cal, ceniza volcánica, polvo de ladrillo y piedra; a partir de entonces el concreto ha venido evolucionando.

El concreto permeable data del año 1852 y era utilizado en la construcción de casas en el Reino Unido; este concreto consistía de grava gruesa y cemento. En 1930, se continuó su empleo en Escocia y del mismo modo entre 1945 y 1956 se continuó su aplicación en Europa.

Luego de la segunda guerra mundial era difícil la eliminación de escombros y por su excesiva cantidad se lo utilizó creando una especie de concreto permeable.

Por 1960 se reportó el primer uso de concreto permeable en Canadá utilizado en la construcción de casas en Toronto. Seguidamente se retomó la investigación en 1994 en México para pisos y pavimentos donde se han utilizado con éxito.

En el 2002 el comité ACI "American Concrete Institute", expresó los resultados obtenidos en pruebas realizadas en Florida en donde se aplicó el concreto en bermas y estacionamientos reduciendo significativamente el volumen de escorrentía en las calles y estacionamientos generado por las precipitaciones, dando a conocer su resultado con la norma ACI 522R-02. En 2006 se realizaron investigaciones publicando la norma ACI 522R-06. De la misma manera la asociación "American Society for Testing and Materials" (ASTM) creó una taza de infiltración de un pavimento de concreto permeable con la norma ASTM 1701.

Velásquez en su tesis "el concreto permeable y su aplicación al drenaje vial" afirma que el uso del concreto permeable por su capacidad de almacenamiento permite disminuir las dimensiones de las cunetas y cuando se diseña la alternativa de berma – subdren, esta permite eliminar la cuneta. El mantenimiento en este tipo de solución asegura el buen funcionamiento del sistema de drenaje. Se obtiene una alternativa técnica de diseño y construcción de bermas, cunetas y subdrenes utilizando como principal material de construcción el concreto permeable. Representa una apreciable ventaja desde el punto de vista económico.

Calderón, en su boletín informativo "Investigación en concreto poroso" aborda el estudio del concreto poroso o permeable para su aplicación en la construcción y la influencia de los siguientes parámetros (Calderón Colca, y otros, 2013).

- Forma de los agregados
- Granulometría de los agregados
- Porcentaje de vacíos
- Permeabilidad

(Azañedo Medina, y otros) en su tesis "Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera "La Victoria", cemento Portland tipo I con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos, en la ciudad de Cajamarca" realiza un diseño de mezcla de un Concreto Poroso, utilizando agregado de la cantera "La Victoria" con cemento Portland tipo I con adición de tiras de plástico, con resistencias mecánicas adecuadas para el uso en pavimentos y que permitan un buen drenaje para su disposición final.

Según los resultados obtenidos con el uso de cemento Sol Tipo I se obtienen resistencias ligeramente mayores que con el Cemento Pacasmayo Tipo I Mejorado. El agregado grueso de la cantera La Victoria utilizado se ajusta al Huso Granulométrico N° 8 (3/8" – N° 8), el cual permite el diseño de mezcla de Concreto Permeable para la ciudad de Cajamarca, empleando el Método del Comité 211 3R 97 para concretos de Cero Slump.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto permeable

2.2.1.1. Definición

El concreto permeable es un tipo de concreto con alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea. La alta porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados. Normalmente el concreto permeable tiene pocos o no tiene finos y tiene la suficiente cantidad de pasta de cemento para cubrir las partículas de agregado grueso preservando la interconectividad de los vacíos. (CIP - 38, 2004).

La propiedad de porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados, que varían en tamaño de 2 a 8 mm. El concreto permeable tiene 15-25% de estructura vacía, lo que permite el paso de 120-320 litros de agua a través de cada metro cuadrado, con una tasa de flujo típica de 3.4 mm/s (200L/m²/min) o más. Esta tasa de flujo es mayor que el generado durante cualquier evento de lluvia, lo que permite al agua fluir a través de este. Por lo tanto, cuando se usan pavimentos de concreto permeable, el agua de lluvia se filtra a las capas inferiores, recargando la capa freática natural en lugar de fugarse y causar erosión.

2.2.2. Materiales

El concreto permeable o poroso es un concreto hidráulico, sus características son similares al concreto simple, es un material artificial integrado por componentes, cemento o cementante, agua, aire y agregado grueso, despreciando al agregado fino. Esta combinación forma una aglomeración de agregado grueso rodeados por una delgada capa de pasta cemento endurecida en sus puntos de contacto.

Esta estructura permite la existencia de grandes huecos entre el agregado grueso, que permite el paso del agua por medio de él.

2.2.2.1. Cementante

El cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Llamado comúnmente Cemento Portland, debido a que es el más común y debe satisfacer las normas ASTM C 150 (Especificaciones para el Cemento Portland) o ASTM C 1157 (Especificación Normalizada de Desempeño para Cemento Hidráulico). Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

Cemento hidráulico: Cemento que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer, (El endurecimiento o fijación se logra por una reacción entre el agua y el cemento (o los componentes de él) formándose hidratos), tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (NTP 334.001, 2001).

2.2.2.2. Agregados

Los agregados son el mayor constituyente del concreto, generalmente componen más del 70 por ciento del material en un metro cúbico de concreto y son los que hacen que este sea un material económico de construcción. En la elaboración de concreto de masa normal, usado en la mayoría de construcciones, los agregados frecuentemente son obtenidos de arenas naturales y depósitos de grava. La fuente de materiales debe estar localizada a una distancia razonable del sitio de trabajo y para su selección hay que tener presente que sus propiedades difieren considerablemente de una a otra. Cada una puede variar en la mineralogía de sus componentes o las condiciones físicas de sus partículas, tales como, la distribución de tamaños, la forma y la textura. Todos estos factores tienen un efecto en el comportamiento del concreto.

Los agregados son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan

resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La granulometría del agregado utilizado debe de ser de tamaño uniforme, comúnmente éstas deben cumplir con la norma ASTM C 33, en la cual se especifica que sólo pueden ser utilizados agregados de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ ".

En caso de utilizar "agregados redondeados y triturados deben de satisfacer los requisitos de la norma ASTM D 448 (Clasificación Estándar para Tamaños de Agregados para la Construcción de Carreteras y Puentes) y ASTM C 33 (Especificación Normalizada para Agregados para Concreto). Típicamente, los agregados finos no deben ser usados en mezclas de concreto permeable, ya que estos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema poroso": (Hidrocreto, 2015).

Tabla 1: Clasificación de husos granulométricos

HUSO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	
		4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	N°4	N°8	N°16	
1	3 ½" - 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15						
2	2 ½" - 1 ½"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5						
3	2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
357	2" - N° 4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5			
4	1 ½" - ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 5		0 - 5				
467	1 ½" - N°4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5			
5	1" - ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5				
56	1" - ⅜"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5			
57	1" - N°4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5		
6	¾" - ⅜"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5			
67	¾" - N°4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5		
7	½" - N°4								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5		
8	⅜" - N°8									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	
89	⅜" - N°16									100	90 - 100	20 - 35	5 - 30	0 - 10	
9	N°4 - N°16										100	85 - 100	0 - 40	0 - 10	

Fuente: Norma ASTM C 33

2.2.2.3. Agua

Para la fabricación del concreto permeable, el agua cumple una función importante en la elaboración de la mezcla, en el lavado de agregados, curado y riego del concreto, por lo que debe ser un insumo limpio, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales y en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según su utilidad. Por lo que la calidad del agua debe cumplir con la norma ACI 301.

En cuanto a la dosificación, el concreto permeable debe ser proporcionado con una relación agua-cemento relativamente baja, ya que una cantidad excesiva de agua conducirá a drenar pasta y al atascamiento del sistema de poros. Por lo que la cantidad de agua agregada debe ser controlada y supervisada cuidadosamente.

2.2.3. Diseño de concreto ACI 211.3R-02

Los factores que determinan el diseño del concreto permeable, son las características hidráulicas y mecánicas que se deseen en el sitio de instalación. Se deben seleccionar los materiales apropiados, el ancho del pavimento, entre otras características para cumplir los requisitos hidrológicos y de distribución de cargas generadas por el tráfico simultáneamente.

Para el concreto permeable, el factor de cemento y a/c son las principales variables que afectan a las características mecánicas. Una amplia gama de factores de cemento se ha encontrado para ser aceptable, dependiendo de la específica aplicación.

2.2.3.1. Proporcionamiento de la mezcla (Apéndice 6 norma ACI-211.3R-02)

El procedimiento de proporcionamiento para concreto drenante basado en el volumen de pasta necesaria para mantener las partículas del agregado juntas mientras conserva el % de vacíos necesario. La cantidad de agregado depende del peso específico y de la relación b/b_o seleccionados en la "Tabla 11: Valores efectivos para la relación b/b_o ". Una vez determinado el volumen de la pasta determinado por el gráfico 11 (del diseño de mezcla): "Mínimo

contenido de vacíos basado en la percolación NAA-NRMCA” y la relación agua/cemento deseada, la cantidad de cemento y agua serán determinadas por esa relación.

Volumen de la pasta (VP) = volumen del cemento + volumen del agua

$$VP = c/3150 + w/1000 \text{ (M}^3\text{)}$$

Donde c es la masa del cemento y a la masa de agua. Si la relación agua-cemento es (a/c) entonces:

$$a = (a/c)/c$$

$$VP = c/3150 + [(a/c) c/1000] \text{ (m}^3\text{)}$$

Una vez determinado el volumen de la pasta del gráfico 2 (del diseño de mezcla) “*Relación entre contenido de vacíos y resistencia a compresión*” y la relación a/c, la masa del cemento puede ser calculada. Cuando se utiliza, el volumen de la pasta debe reducirse en 2% por cada 10% de agregado fino para concreto bien compactado y 1% por cada 10% de agregado fino para concreto ligeramente compactado. Estas reducciones son necesarias para mantener el mismo porcentaje de vacíos.

2.2.4. Pavimento rígido

2.2.4.1. Definición

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. (AASHTO, 1993).

2.2.4.2. Diseño según método Portland Cement Association

El diseño de un pavimento rígido según método Portland Cement Association permite determinar los espesores de las losas que sean apropiados para soportar las cargas de tráfico en las calles, caminos y carreteras.

2.2.4.3. Criterios de diseño

- Régimen de lluvias y de escorrentía.
- Nivel de aguas freáticas.
- Capacidad de infiltración de suelo de sub-rasante (0,5 pul/hr).
- La capa drenante debe ser capaz de drenar, transmitir y mitigar las aguas máximas de la tormenta más intensa con un periodo de diseño de 100 años.
- Capacidad de almacenamiento de la capa drenante.
- El deposito deber drenar en máximo 72 horas para permitir que los suelos de sub-rasante sequen entre tormentas.
- Cargas vehiculares.
- Capacidad estructural de la sub-rasante.
- Costo de la estructura.
- Si los suelos del sitio del proyecto proporcionan > 0.2 pul/hr de infiltración de aguas subterráneas (no se necesitan estructuras adicionales de drenaje).
- Si los suelos del sitio del proyecto proporcionan $< 0,2$ pul/hr, se requieren características de drenaje adicionales para acomodar el flujo de la precipitación (tanques de almacenamiento, estanques y/o sistemas de tuberías).
- Restricciones medioambientales.
- Localizarse 3" por encima del nivel de aguas freáticas.
- Localizarse 2" sobre el suelo de fundación.
(WAPA, 2013).

2.2.5. Ensayos

2.2.5.1. Agregados

a) Contenido de humedad total evaporable

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 339.185 - 2002
AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

El método mide la cantidad de humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad que la muestra representada a la fuente de agregado.

b) Granulometría

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.012 - 2001,
AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

El método nos permite determinar la curva y el huso granulométrico al que pertenece el material. (NTP 400.012, 2001).

c) Peso específico y absorción

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.021 - 2002
AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. (NTP, 400.021, 2002).

Tiene por objeto establecer los procedimientos para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (Después de 24 horas) del agregado grueso. Método no aplicable para agregados ligeros.

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, a fin se usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas.

d) Peso unitario del agregado

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.017 - 1999,
AGREGADOS: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. (NTP, 400.017, 1999).

Determina el peso unitario suelto o compactado, el cálculo de vacíos.
Aplicable para agregado de tamaño máximo nominal de 150mm.

e) Abrasión

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.019 - 2002, AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. (NTP, 400.019, 2002).

2.2.5.2. Probetas

a) Resistencia a la compresión

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008 CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas. (NTP, 333.034, 2008).

2.2.5.3. Pavimento

a) Infiltración

Estándar establecido por la ASTM C 1701, Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete (Infiltración para concreto permeable en sitio).

Determina la cantidad de agua que atraviesa el concreto por unidad de tiempo. (ASTM C 1701).

2.3. Definición de términos básicos

a) **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones está comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011 – 2008.

b) **Pavimento:** Estructura constituida por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto, lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. (AASHTO - 93, 1986).

c) Concreto permeable:

Es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial. (CIP - 38, 2004).

d) Hidroplaneo: o aquaplaning se produce cuando el agua situada entre el neumático y la superficie de la carretera no puede ser desplazada. El neumático pierde el contacto con el suelo y su poder de tracción, llegando a no responder a los giros del volante, a los frenos, al acelerador. Perdiendo el control del vehículo. (Michelin, 2012).

e) Agregado liviano: Agregados naturales o artificiales con estructura porosa de baja densidad relativa. (NTP 400.012, 2001).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

El agregado de la cantera “Río Cajamarquino” es adecuado para elaborar un concreto permeable para pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Variables Independientes (VI)

- Agregado de la cantera “Río Cajamarquino”.

3.2.2. Variables dependientes (VD)

- Concreto permeable.

Tabla 2: Operacionalización de variables

	INDICADORES	DEFINICION	UNIDAD
VARIABLE DEPENDIENTE Concreto permeable	Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión de las probetas de concreto.	f'c
	Permeabilidad	Cantidad de agua que atraviesa el concreto por unidad de tiempo.	mm/hora
VARIABLE INDEPENDIENTE Agregado de la cantera “Río Cajamarquino”	Granulometría	Es el tamaño de las partículas de agregado.	Huso
	Peso específico y Absorción	Relación entre el peso por unidad de volumen.	%
	Peso unitario	Masa por unidad de volumen del material	Kg/m ³
	Resistencia a la abrasión	El porcentaje de desgaste (peso) que tiene el agregado a ser sometido por la máquina de abrasión.	%
	Contenido de humedad	Cantidad de agua presente en el agregado.	%

Fuente: Elaboración propia, 2015.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y METODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación

Experimental:

- i. Experimental.

4.2. Material

4.2.1. Unidad de estudio

- a) Agregado obtenido de la cantera "Río Cajamarquino".
- b) Muestras realizadas en laboratorio y probetas.

4.2.2. Población

Cantera "Río Cajamarquino" ubicado en el fundo "La Victoria"

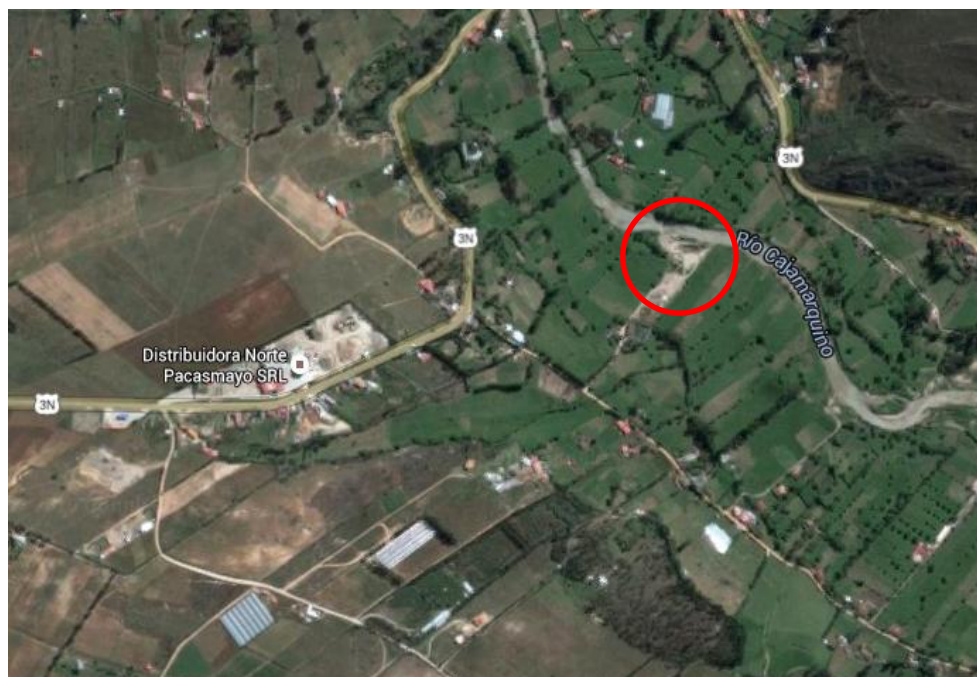
Coordenadas UTM

17M Este: 784294.98, Norte: 9203120.70, Cota: 2602 m.s.n.m.

Coordenadas Geográficas

Latitud: 7.201978 S, Longitud: 78,425756 O

Gráfico 2: Vista satelital de la cantera "Río Cajamarquino"



Fuente: Google Earth, 2015.

Gráfico 3: Cantera "Río Cajamarquino"



Fuente: Elaboración propia, 2015.

4.3. Métodos

4.3.1. Muestra

Por conveniencia se toman los agregados provenientes de la cantera "Río Cajamarquino".

4.3.2. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

4.3.2.1. Agregados

a) Cuarteo

Se coloca la muestra en una superficie plana, dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas. Se mezcla bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación 4 veces.

Cuidadosamente se aplanar y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetros uniforme, presionando hacia abajo con la

cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarto del sector contenga el material original.

Se procede a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos. Se repite la operación hasta obtener la cantidad requerida. (MTC, 2000).

Gráfico 4: Cuarteo de agregados



Fuente: Elaboración propia, 2015.

4.3.2.2. Hidráulico

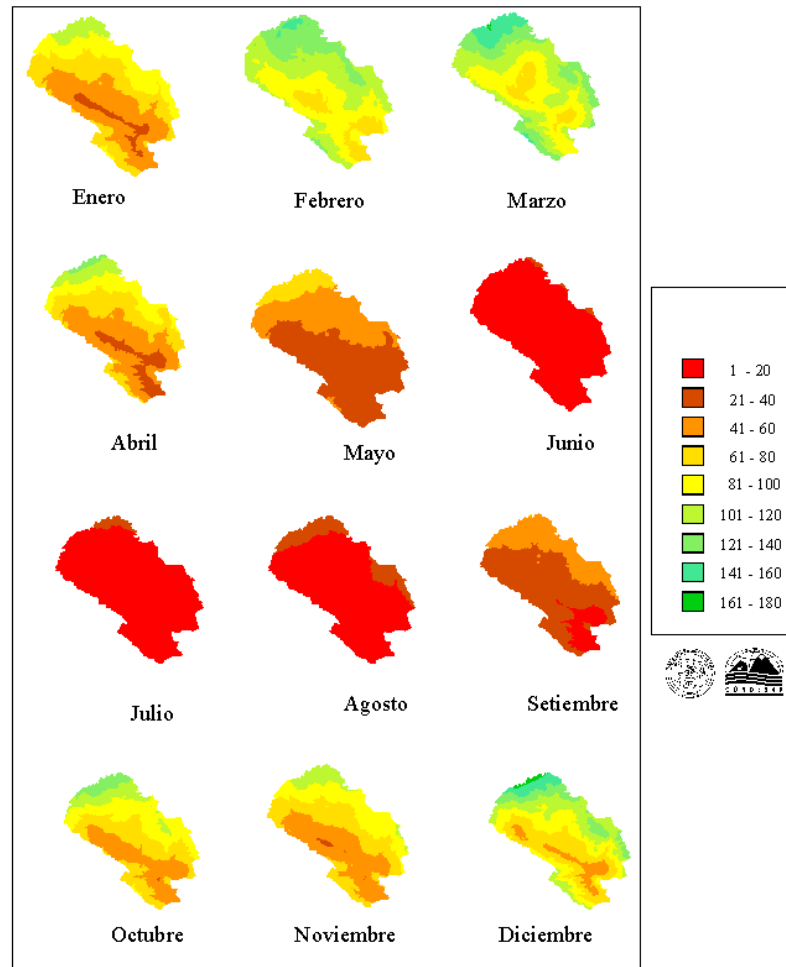
Precipitación máxima para Cajamarca.

Tabla 3: Clasificación de lluvia según su intensidad.

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$>15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	>60

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

Gráfico 5: Mapa de precipitaciones mensuales en la cuenca de Cajamarca en mm/min.



Fuente: CONDESAN – SENAMHI. (Estación Weberbauer, 7°7'S, 78°27'W, 2621 msnm).

4.3.2.3. Concreto

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 339.068 – 1999.

CONCRETO: Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco.

4.3.3. Procedimientos

4.3.3.1. Agregados

a) Extracción y preparación de muestras del agregado

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.010 - 2001
AGREGADOS: Extracción y preparación de muestras.

i. Objeto

Establecer los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

ii. Significado y uso

El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto, el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

iii. Muestras confiables

▪ Generalidades

Las muestras para los ensayos de calidad deberán ser obtenidas de productos acabados. La muestra de productos ensayada por pérdida al desgaste de abrasión no estará sujeta a chancado posterior o reducido manualmente.

▪ Procedimiento

- Número y masa de las muestras de campo

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada

unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.

Tabla 4: Tabla de pesos mínimos por muestra

Tamaño máximo nominal del agregado (A)	Masa mínima aproximada para la muestra de campo (B)
Agregado fino	
2.36 mm	10 kg
4.76 mm	10 kg
Agregado grueso	
9.50 mm	10 kg
12.50 mm	15 kg
19.00 mm	25 kg
25.00 mm	50 kg
37.50 mm	75 kg
50.00 mm	100 kg
63.00 mm	125 kg
75.00 mm	150 kg
90.0 mm	175 kg

Fuente: NTP 400.010 – 2001

(A) Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

(B) Para agregado global (por ejemplo, base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg.

Las cantidades indicadas en la Tabla anterior proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios.

iv. Envío de las muestras

Transportar los agregados en bolsas u otros contenedores contruidos como para prevenir pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra; o daños al contenido por el manipuleo durante el transporte.

La identificación individual de los contenedores de embarque para muestras de agregado estará anexa o incluida tanto en el reporte de campo, en el parte de laboratorio y en el reporte de ensayo.

b) Ensayo contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 339.185 - 2002 AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

i. Objeto

Establecer los procedimientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado no considerando el agua en combinación química con los minerales.

ii. Campo de aplicación

El método mide la humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad que la muestra representada a la fuente de agregado.

iii. Muestro

▪ Generalidades

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTP 400.010 con excepción del tamaño de la muestra.

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Tabla 5: Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg).	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
4.75 (0.187) Nro. 4	0.5 kg
9.5 (3/8")	1.5 kg
12.5 (1/2")	2.0 kg
19 (3/4")	3.0 kg
25 (1")	4.0 kg
37.5 (1 1/2")	6.0 kg
50 (2")	8.0 kg
63 (2 1/2")	10.0 kg
75 (3")	13.0 kg
90 (3 1/2")	16.0 kg
100 (4")	25.0 kg
125 (5")	50.0 kg
Utilizamos	19 (3/4")
	3.0 kg

Fuente: NTP 339.185 – 2002

■ Procedimiento

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1%.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula. Usar el horno a temperatura controlada.
- La muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0.1% de pérdida adicional de masa.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.21% después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

iv. Expresión de resultados

Calcular el contenido de humedad total evaporable con:

$$p = 100(W - D)/D$$

p = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

Gráfico 6: Material a ser secado en el horno



Fuente: Elaboración propia, 2015.

c) Ensayo análisis granulométrico del agregado grueso.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.012 - 2001,
AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

i. Muestreo

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Tabla 6: Peso de la muestra por tamaño máximo nominal

Tamaño máximo nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg).	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
9.5 (3/8")	1.0 kg
12.5 (1/2")	2.0 kg
19 (3/4")	5.0 kg
25 (1")	10.0 kg
37.5 (1 1/2")	15.0 kg
50 (2")	20.0 kg
63 (2 1/2")	35.0 kg
75 (3")	60.0 kg
90 (3 1/2")	100.0 kg
100 (4")	150.0 kg
125 (5")	300.0 kg

Utilizamos	25 (1")	10.0 kg
------------	---------	---------

Fuente: NTP 400.012 – 2001

ii. Procedimiento

- Se pesa el material total.
- Se pasa el material por las mallas, pesando la cantidad retenida en cada una.

Gráfico 7: Agregado y tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8" y #4 para ensayo de granulometría



Fuente: Elaboración propia, 2015.

d) Peso específico y absorción

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.021 - 2002
AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para peso específico y
absorción del agregado grueso.

i. Objeto

Establecer los procedimientos para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (Después de 24 horas) del agregado grueso. Método no aplicable para agregados ligeros.

ii. Campo de aplicación

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, a fin se usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas.

iii. Muestreo

■ Generalidades.

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTP 400.010 con excepción del tamaño de la muestra.

■ Procedimiento.

- Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de 110 °C, ventilar en un lugar fresco de 1h a 3h.
- Sumergir el material por 24h.
- Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño absorbente hasta desaparecer toda partícula de agua visible.
- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se

determina su pesa en agua a temperatura entre 23 °C, densidad 997 kg/m³. Tener cuidado del aire atrapado antes del pesado.

- Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre 100 °C y se deja enfriar hasta la temperatura de ambiente (1-3h) y se pesa.

Gráfico 8: Peso específico del agregado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

e) **Peso unitario de agregado grueso**

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.017 - 1999, AGREGADOS: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

i. Objeto

Determinar el peso unitario suelto o compactado, el cálculo de vacíos. Aplicable para agregado de tamaño máximo nominal de 150mm.

ii. Aparatos

Tabla 7: Aparatos para hallar el peso unitario de agregado grueso

Balanza	Con aproximación a 0.05 kg
Barra compactadora	Recta, de acero liso 16 mm (5/8") de diámetro y 60cm de longitud.
Recipiente de Medida	Cilindros metálicos con asas.
Pala de mano	Pala para llenar el recipiente.
Equipo de Calibración	Plancha de vidrio de 6mm de espesor y 25mm mayor al diámetro del recipiente a calibrar.

Fuente: NTP 400.017 – 1999

iii. Muestreo

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Se requerirá 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y sea manipulada.

Como se tiene agregado de Tamaño máximo nominal de 37.5mm a menos se utiliza el procedimiento de apisonado.

iv. Procedimiento

- Se rellena la tercera parte del recipiente y se nivela con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se rellena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Finalmente se rellena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora y el agregado sobrante se lo elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Determinación del peso suelto
El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando desde una altura no mayor de 50mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.

Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05kg.

Gráfico 9: Agregado y recipiente para determinar el peso unitario del agregado.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

f) Resistencia a la degradación

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.019 - 2002, AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

i. Objeto

Determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Ángeles para agregados menores a 1 ½”.

ii. Campo de aplicación

Es un indicador de calidad.

iii. Carga

La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo.

Tabla 8: Gradación de las muestras de ensayos.

Medida del tamiz		Masa de tamaño indicado, gr			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm	25.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
25.0 mm	19.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
19.0 mm	12.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
12.5 mm	9.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
9.5 mm	6.30 mm	-	-	2500 ± 10	-
6.3 mm	4.75 mm	-	-	2500 ± 10	-
4.75 mm	2.36 mm	-	-	-	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019 – 2002

iv. Muestreo

Se obtendrá la muestra de campo de acuerdo con la NTP 400.010.

Gráfico 10: Agregado a ser ensayado por la máquina de los Ángeles



Fuente: Elaboración propia, 2015.

g) Infiltración del concreto

Estándar establecido por la ASTM C 1701, Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete (Infiltración para concreto permeable en sitio).

Determina la cantidad de agua que atraviesa el concreto por unidad de tiempo.

i. Objeto

Determinar la cantidad de agua que atraviesa el concreto por unidad de tiempo.

ii. Aparatos

Tabla 9: Aparatos para determinar la infiltración para concreto permeable en sitio

Aro de infiltración	Aro de 12" marcada desde la base a 1cm y 15cm.
Cronómetro	Medición del tiempo.

Fuente: ASTM C 1701

iii. Procedimiento

- Instalar el aro de infiltración.
- Premojar el concreto con una cantidad definida de agua y tomar el tiempo. El agua debe encontrarse entre las dos líneas (1-1.5, cm).
- Probar el concreto con una cantidad definida de agua y tomar el tiempo.

Tabla 10: Infiltración para concreto permeable en sitio



Fuente: Elaboración propia, 2015.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. Agregados

5.1.1. Ensayo contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

1.- Peso de tara 0.176 kg

2.- Masa de la muestra húmeda W

	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Promedio
	5.176 kg	5.176 kg	5.176 kg	5.176 kg
Peso sin tara	5.000 kg	5.000 kg	5.000 kg	5.000 kg

3.- Masa de la muestra seca D

	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Promedio
	4.982 kg	4.983 kg	4.988 kg	4.984 kg
Peso sin tara	4.806 kg	4.807 kg	4.812 kg	4.808 kg

Contenido de humedad evaporable 3.99%

5.1.2. Ensayo análisis granulométrico del agregado grueso

Malla	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	% RETENIDO	% RET ACUM
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	33.00	26.00	44.00	34.33	1.81	1.81
1/2"	592.00	624.00	732.00	649.33	34.29	36.10
3/8"	470.00	520.00	396.00	462.00	24.40	60.50
#04	654.00	780.00	598.00	677.33	35.77	96.27
FONDO	70.00	88.00	54.00	70.67	3.73	100.00
TOTAL	1819.00 kg	2038.00 kg	1824.00 kg	1893.67 kg		

Malla	Lim. Inferior	Lim. Superior	% PASA
37.5			
25	100.00	100.00	100.00
19	90.00	100.00	98.19
12.5			63.90
9.5	20.00	55.00	39.50
4.75	0.00	10.00	3.73
2.36	0.00	5.00	0.00

HUSO 67

5.1.3. Peso específico y absorción

	Promedio	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
A =	3294.6 gr	3296.1 gr	3293.2 gr	3294.5 gr
B =	3361.1 gr	3362.2 gr	3360.0 gr	3361.1 gr
C =	2069.1 gr	2069.1 gr	2069.0 gr	2069.2 gr

Donde:

- A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos
- B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos
- C = Peso en el agua de la muestra saturada

i. Peso específico de masa (Pem)

Pem = 2.6

ii. Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

PeSSS = 2.55 %

iii. Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Pea = 2.69 %

iv. Absorción

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

Ab =	2.02%
------	-------

5.1.4. Peso unitario de agregado grueso.

i. Peso unitario. - calcular el peso unitario compactado o suelto:

$$M = (G - T)/V$$

$$M = (G - T) * F$$

M =	1639.0 kg/m ³
G =	20.0 kg
T =	4.8 kg
V =	0.0093 m ³

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m³
Peso del recipiente de medida más el

G = agregado en kg

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen de la medida en m³

F = Factor de la medida en m³

El peso unitario determinado por este método de ensayo es para agregado de condición seca.

$$M_{SSS} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$$

M _{SSS} =	1639.36
--------------------	---------

Donde:

M_{SSS} = Peso Unitario en la condición Saturado Superficialmente Seco en kg/m³.

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

ii. Contenido de vacíos. - Calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado.

$$M_{SSS} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$$

% vacíos	35.96 %
----------	---------

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m³

S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021

W = Densidad del agua, 998 kg/m³

5.1.5. Resistencia a la degradación

Medida del tamiz		Masa de tamaño indicado, gr			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm	25.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
25.0 mm	19.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
19.0 mm	12.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
12.5 mm	9.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
9.5 mm	6.30 mm	-	-	2500 ± 10	-
6.3 mm	4.75 mm	-	-	2500 ± 10	-
4.75 mm	2.36 mm	-	-	-	5000 ± 10

i. Peso retenido

1/4"	2501.20 kg
3/8"	2502.70 kg

ii. Carga Abrasiva

C	8 esferas
---	-----------

iii. Peso restante

3770.50 kg

% abrasión	24.65%
------------	--------

5.1.6. Infiltración del concreto ASTM C1701

$$I = \frac{K * M}{D^2 * t}$$

M =	40.00 lb
D =	12.00 in
T =	18 sec.
K =	126870

I =	1957.87 in/hr
------------	----------------------

- I = Infiltración (mm/hr)
M = Masa del agua (kg)
D = 12 Diámetro del aro (mm)
T = Tiempo de infiltración (sec.)
K = 126870, constante (kg)

M =	18.14 kg
D =	50.80 mm
T =	18 sec.
K =	4583666

I =	1790.35 mm/hr
------------	----------------------

5.2. Concreto

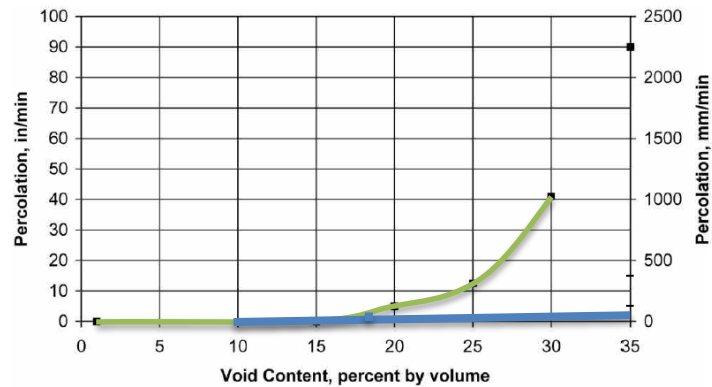
El diseño de mezcla a realizar se basa en los procedimientos descritos en la **norma ACI 211.3R-02. Procedimiento apéndice 6.**

Datos para el diseño:

- Intensidad de precipitación: 30mm/min.
Dato tomado del gráfico 5.
- i. Consideraciones
- Concreto bien compactado.
 - Agregado huso granulométrico según ASTM C 33.
 - Peso unitario del agregado.
 - Peso específico superficialmente seco.
 - % de absorción.
 - Percolación (precipitación en Cajamarca).
 - Porcentaje de vacíos.
 - Relación agua/cemento.
 - 0 finos.
- ii. Datos

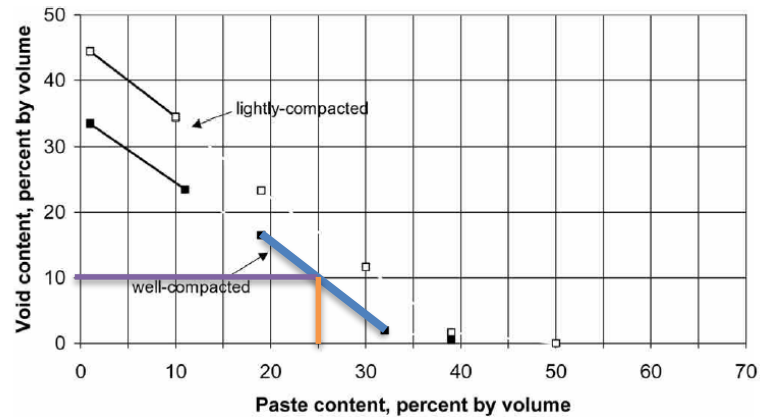
Peso unitario del agregado	1639.36 kg/cm ²
Huso granulométrico	# 67
Peso específico superficialmente seco	2.55
% de absorción	2.02 %
Precipitación	180mm/min
% de vacíos	10 %
Relación agua/cemento	0.35
Relación b/bo	0.99 m ³
Peso específico del cemento (γ_c)	3.15 kgf/cm ³
Peso específico del agua (γ_a)	1.00 kgf/cm ³

Gráfico 11: Mínimo contenido de vacíos basado en la percolación NAA-NRMCA



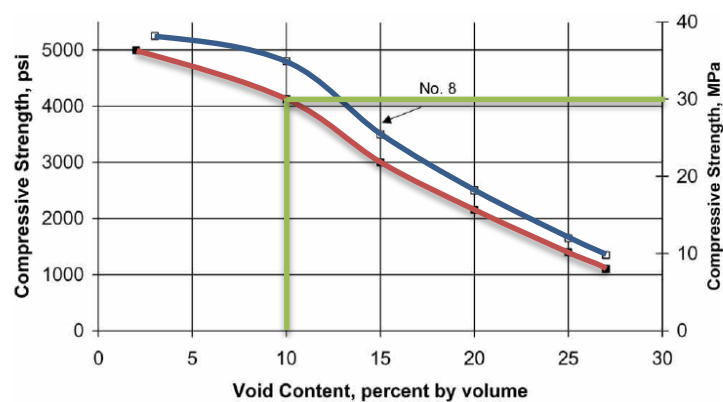
Fuente: Norma ACI 211.3R-02

Gráfico 12: Relación entre contenido de pasta y contenido de vacíos



Fuente: Norma ACI 211.3R-02

Gráfico 13: Relación entre contenido de vacíos y resistencia a compresión



Fuente: Norma ACI 211.3R-02

Tabla 11: Valores efectivos para la relación b/bo

Porcentaje de agregado fino	b/bo	
	ASTM C33 #8	ASTM C33 #67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: Norma ACI 211.3R-02

III. PROCEDIMIENTO

A. VOLUMEN DE LA PASTA (V_p)

Calculamos el volumen de pasta; es decir el volumen del cemento más el del agua.

$$V_p = V_c + V_a$$

$$V_p = \frac{c}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a}, m^3$$

B. MASA DEL AGREGADO POR M^3 (M_{ag})

Calculamos el volumen del agregado en función a su peso específico.

$$M_{ag\ seco} = P_{unit\ ag} * b/bo \quad (\text{seco}) \quad M_{ag\ seco} = 1622.97 \text{ kg/cm}^3$$

$$M_{ag} = M_{ag\ seco} * \% \text{ abs} \quad (P_{esss}) \quad M_{ag} = 1655.75 \text{ kg/cm}^3$$

C. VOLUMEN SOLIDO DEL AGREGADO POR M^3 (V_{ag})

$$V_{ag} = M_{ag} / P_{eSSS} \quad V_{ag} = 0.649 \text{ m}^3$$

C. PORCENTAJE DE LA PASTA POR VOLUMEN

Para un porcentaje de vacíos de 10 %
Usamos = 25 Según graf. 12

$$\text{Volumen de pasta} = 0.250 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$V_p = \frac{c}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a}, m^3$$

$$a = \left[\frac{a}{c} \right] * c$$

y,

$$Vp = \frac{c}{3150} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1000}, m^3$$

0.25

$$c = 374.55 \text{ kg/cm}^3$$

$$a = 131.09 \text{ kg/cm}^3$$

$$Vc = 0.119 \text{ m}^3$$

$$Va = 0.131 \text{ m}^3$$

D. CANTIDADES POR M³

Cemento	374.55 kg/cm ³
Agua	131.09 kg/cm ³
Ag. Grueso # 67	1655.75 kg/cm ³
Masa total	2161.40 kg/cm³

E. VOLUMENES POR M³

Cemento	0.119 m ³
Agua	0.131 m ³
Ag. Grueso # 67	0.649 m ³
Masa total	0.899 m³
Metro cúbico	1.000 m ³
% vacíos	0.101 m ³

= 10%

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1. Agregados

Ensayo	Resultado
Contenido de humedad 330.185 – 2002	3.99%
Análisis Granulométrico 400.012 – 2001	Huso # 67
Peso específico y absorción 400.021-2002	2.6
Peso unitario de agregado grueso 400.017 – 1999.	1639.36 kg/m ³
Resistencia a la degradación del agregado grueso 400.019 – 2002	24.65%
El porcentaje de absorción 400.021-2002	2.02%

6.1.1. Contenido de humedad 330.185 – 2002.

El contenido de humedad de agregado in situ es de 3.99%.

6.1.2. Análisis Granulométrico 400.012 – 2001.

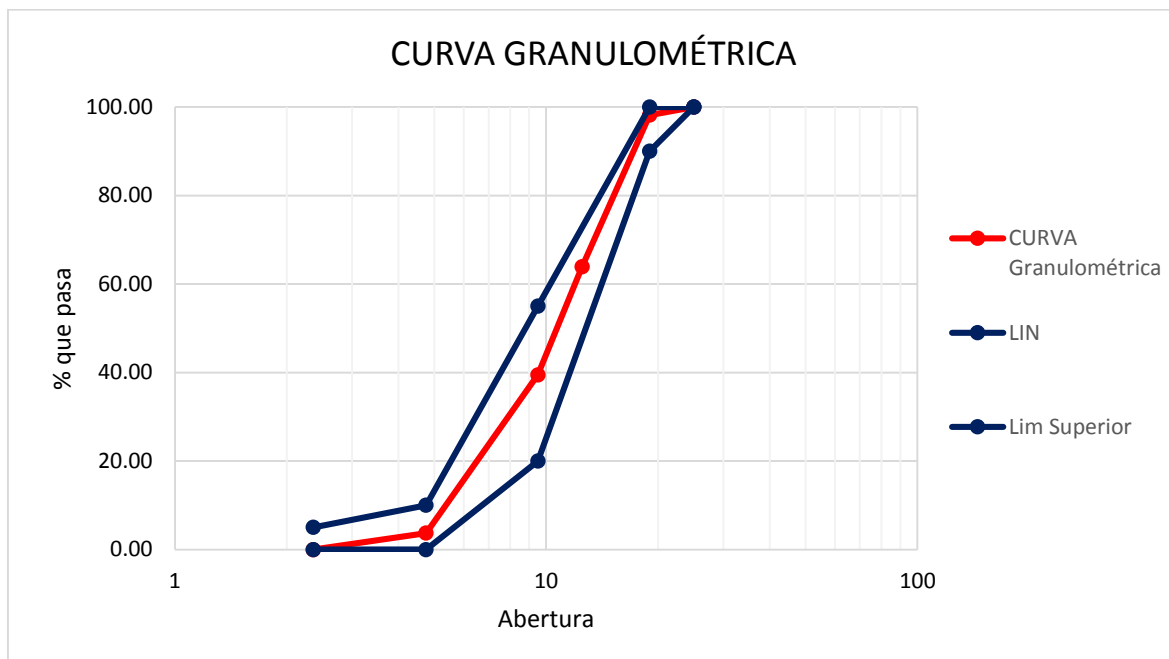
Malla	PROMEDIO	% RETENIDO	% RET ACUM
1"	0.00	0.00	0.00
3/4"	34.33	1.81	1.81
1/2"	649.33	34.29	36.10
3/8"	462.00	24.40	60.50
#04	677.33	35.77	96.27
FONDO	70.67	3.73	100.00

TOTAL	1893.67 kg
-------	------------

Malla	Lim Inferior	Lim Superior	% PASA
37.5 mm	-	-	-
25 mm	100.00	100.00	100.00
19 mm	90.00	100.00	98.19
12.5 mm	-	-	63.90
9.5 mm	20.00	55.00	39.50
4.75 mm	0.00	10.00	3.73
2.36 mm	0.00	5.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 14: Curva granulométrica del agregado



Fuente: Elaboración propia.

El huso granulométrico que satisface es el # 67.

6.1.3. Peso específico y absorción 400.021-2002.

El peso específico del agregado es 2.6.

El peso específico de la masa saturada con superficie seca es de 2.55.

El peso específico aparente 2.69.

El porcentaje de absorción es del 2.02%.

6.1.4. Peso unitario de agregado grueso 400.017 – 1999.

El peso unitario del agregado es de 1639.36 kg/m³.

6.1.5. Resistencia a la degradación del agregado grueso 400.019 – 2002.

El agregado tiene el 24.65% de desgaste.

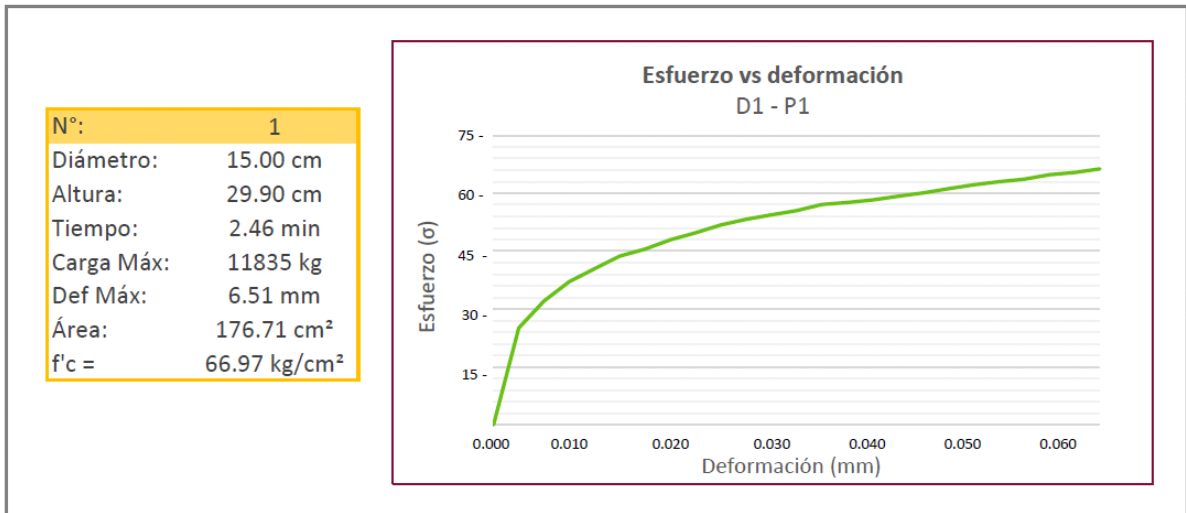
Según las normas NTP 400.019 y ASTM C 131 de abrasión se considera un límite máximo de 40% teniendo en nuestro agregado 24.65% cumpliendo con la especificación.

6.2. Concreto

6.2.1. La resistencia a 14 días

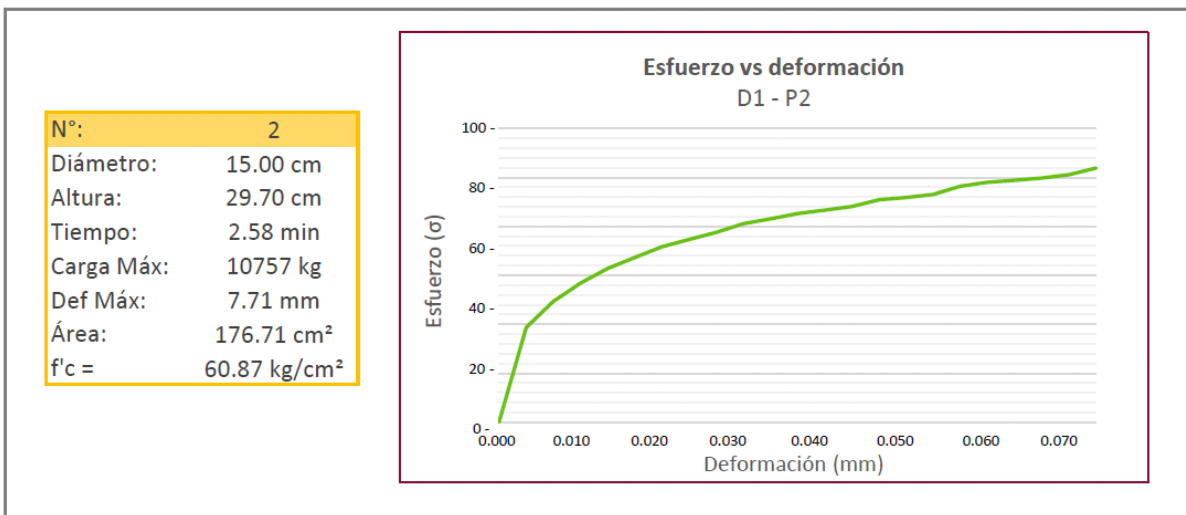
$f'c = 67.25 \text{ kg/m}^2$.

Gráfico 15: Datos probeta 1 a los 14 días.



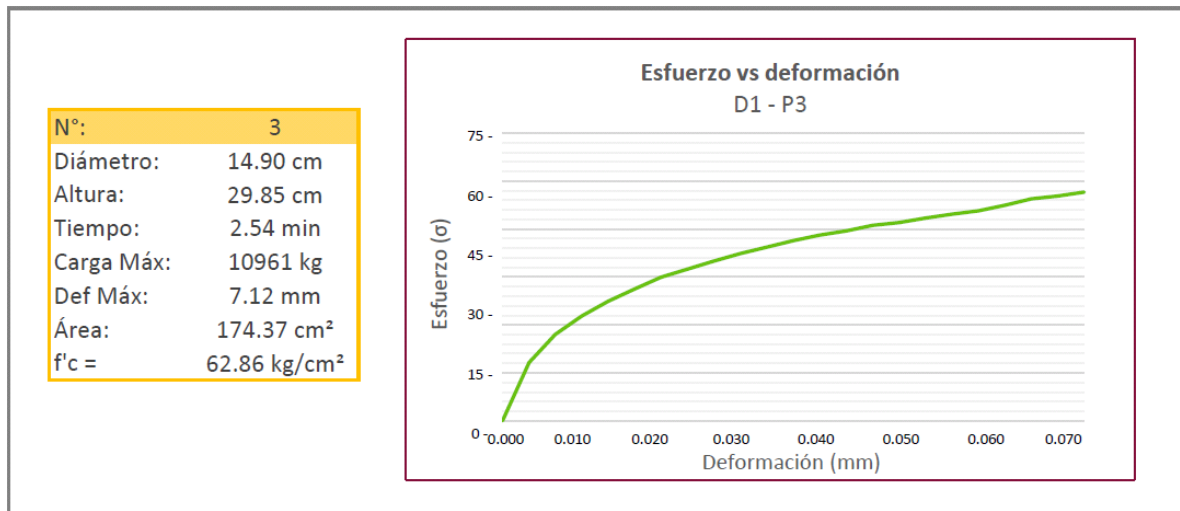
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 16: Datos probeta 2 a los 14 días



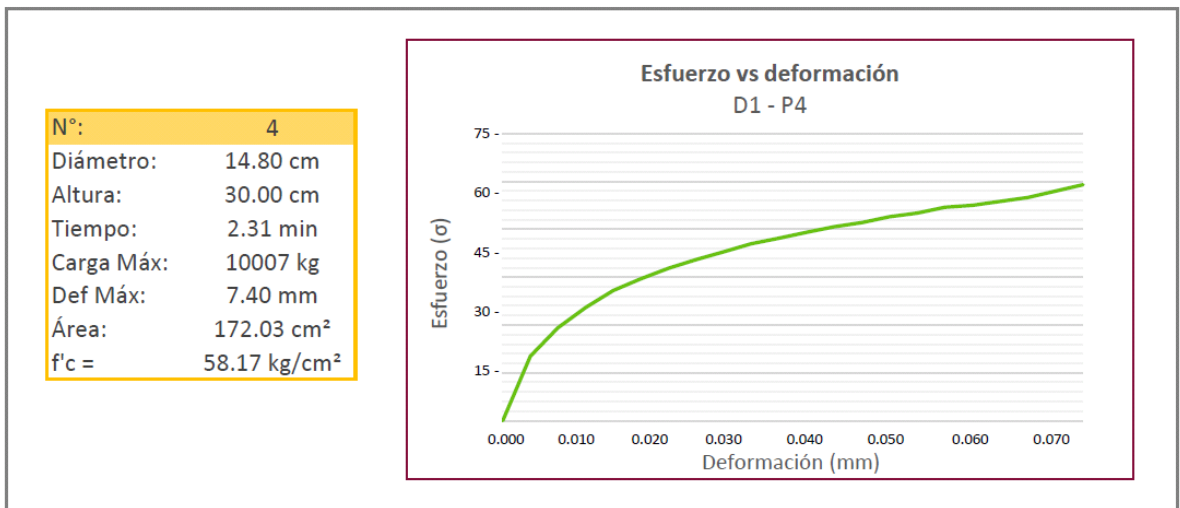
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 17: Datos probeta 3 a los 14 días.



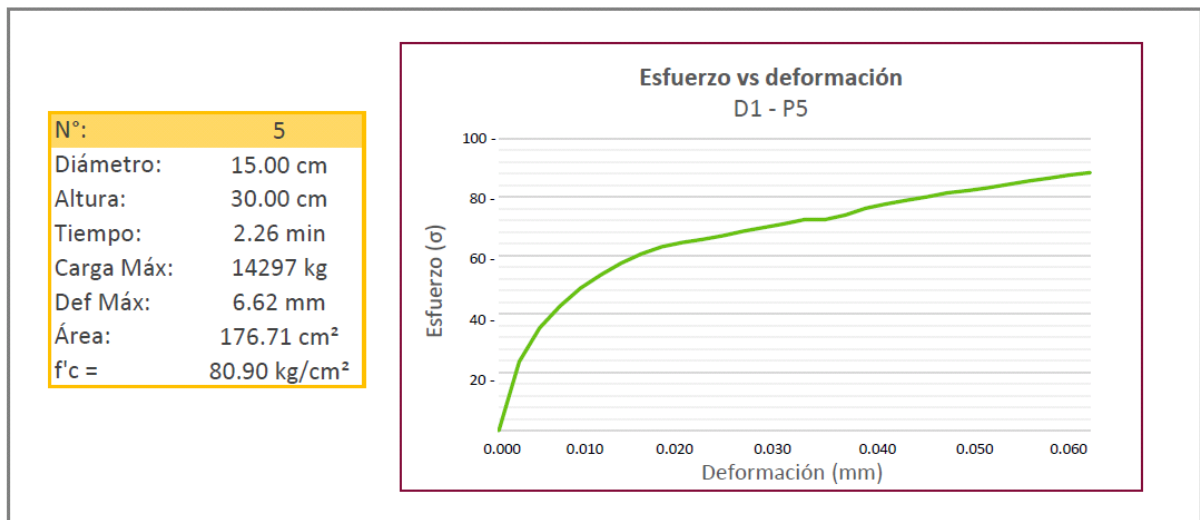
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 18: Datos probeta 4 a los 14 días.



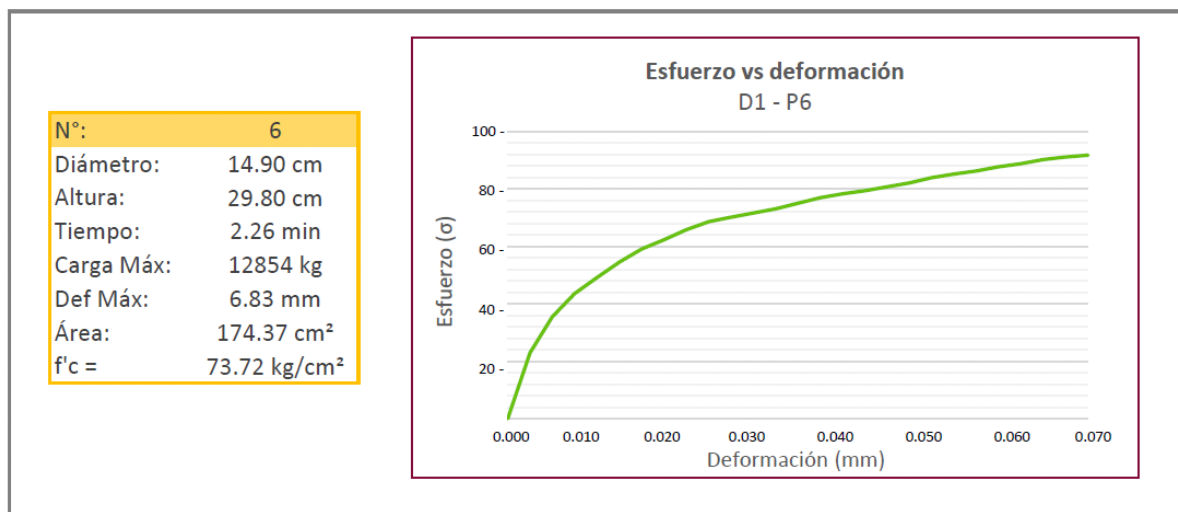
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 19: Datos probeta 5 a los 14 días.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 20: Datos probeta 6 a los 14 días.

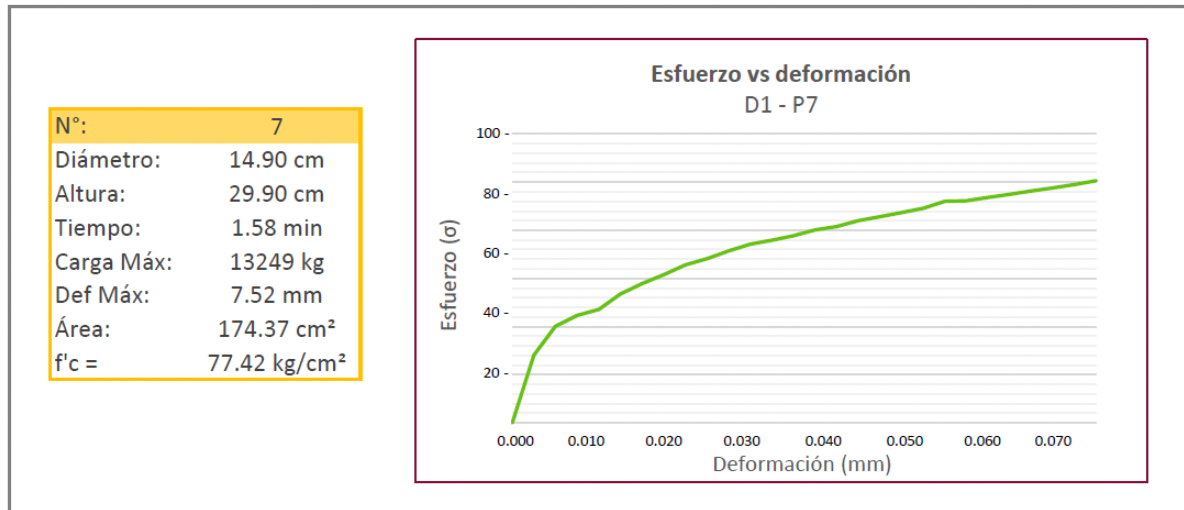


Fuente: Elaboración propia, 2015.

6.2.2. La resistencia a 28 días

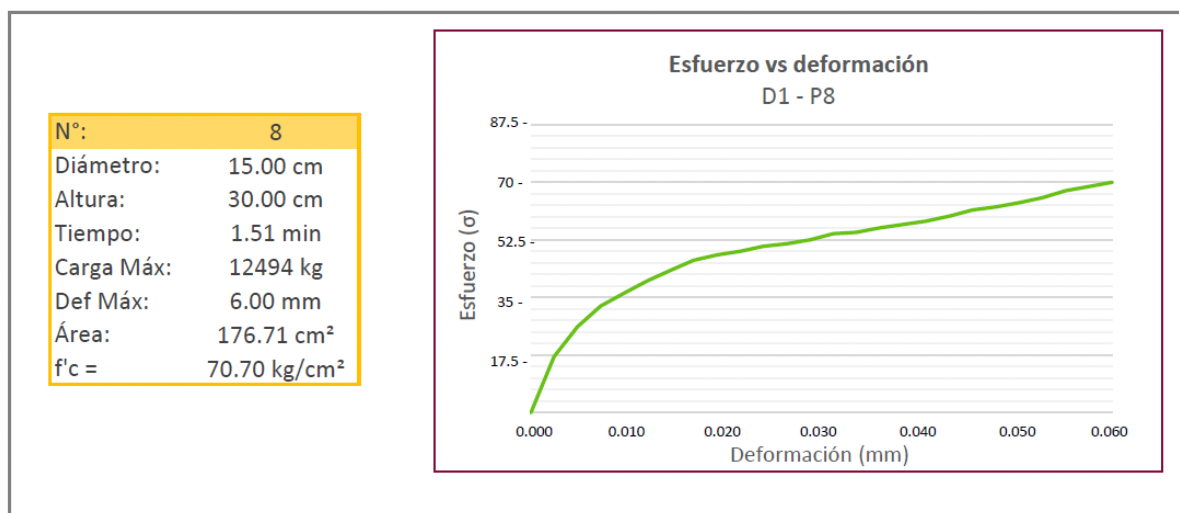
$f'c = 68.41 \text{ kg/m}^2$.

Gráfico 21: Datos probeta 7 a los 28 días.



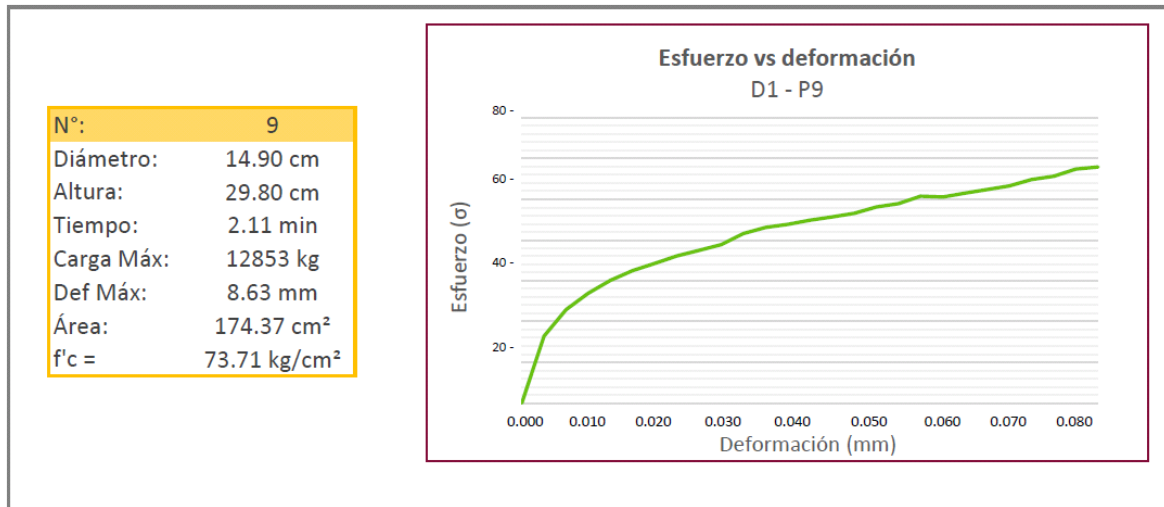
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 22: Datos probeta 8 a los 28 días.



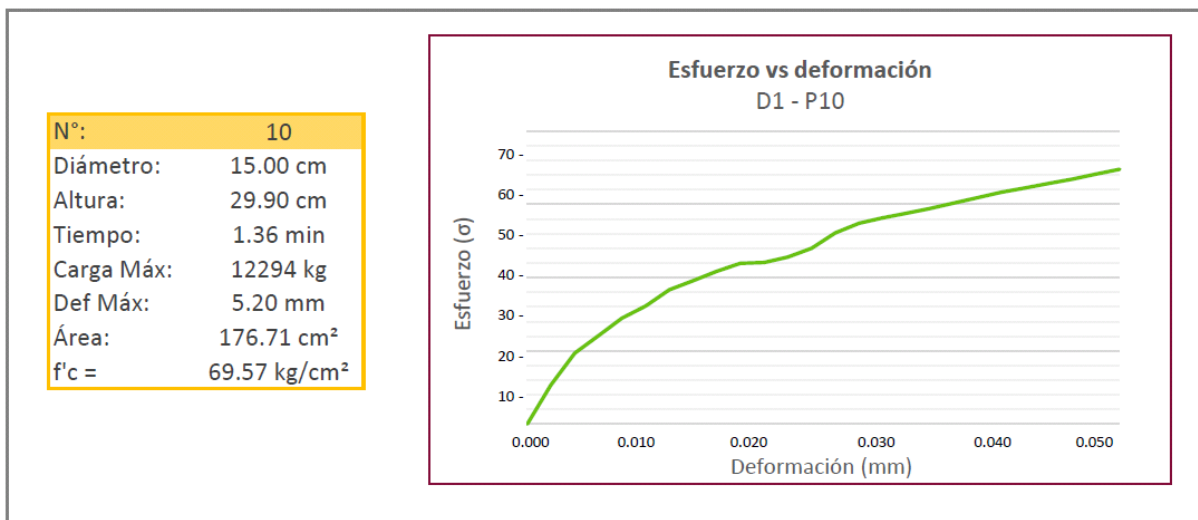
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 23: Datos probeta 9 a los 28 días.



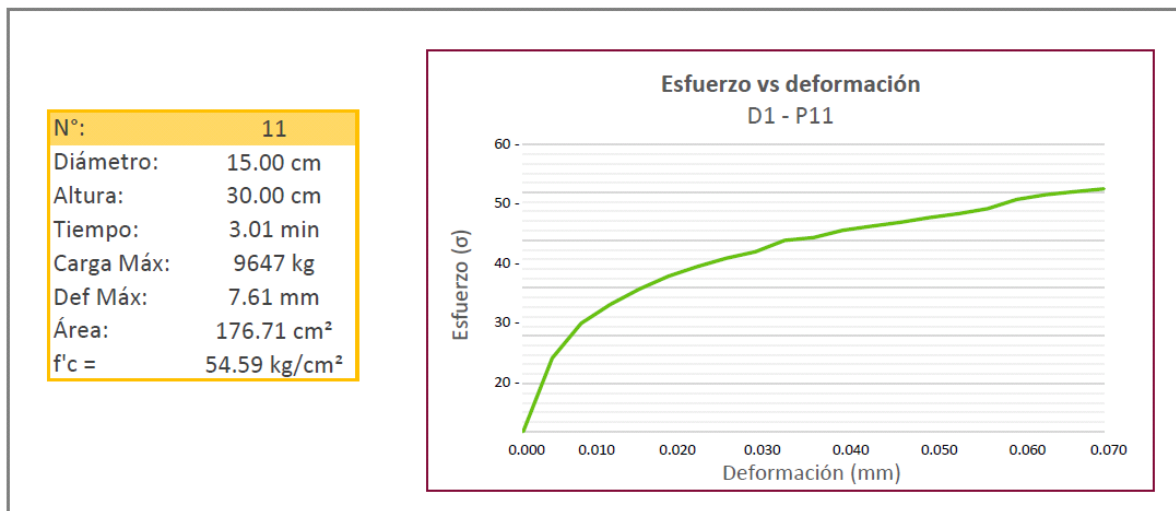
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 24: Datos probeta 9 a los 28 días.



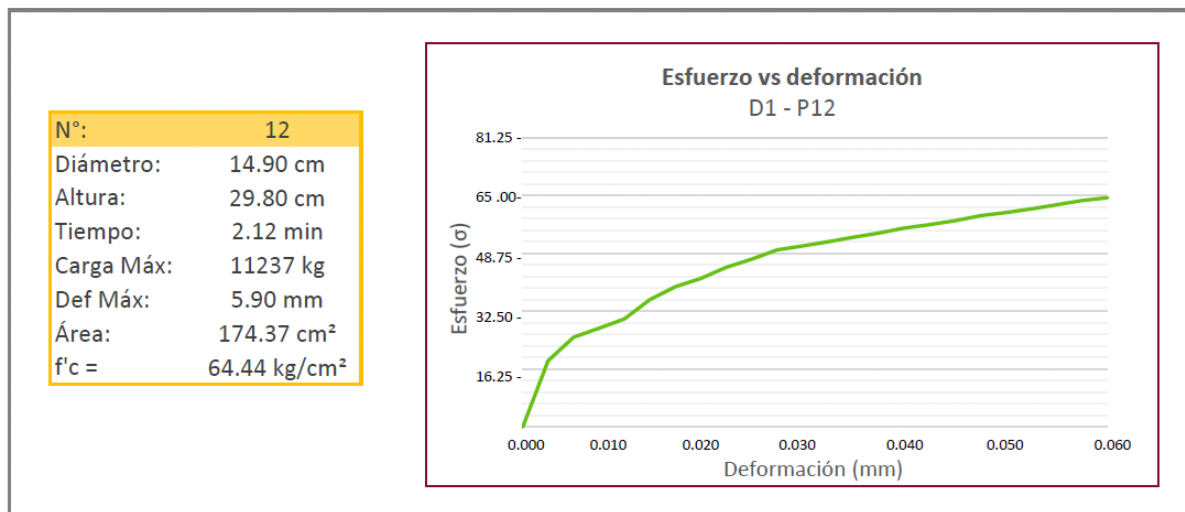
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 25: Datos probeta 11 a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Gráfico 26: Datos probeta 12 a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Resumen

# Probeta	# días	f'c
N° 1	14	66.97 kg/cm ²
N° 2	14	60.87 kg/cm ²
N° 3	14	62.86 kg/cm ²
N° 4	14	58.17 kg/cm ²
N° 5	14	80.90 kg/cm ²
N° 6	14	73.72 kg/cm ²
N° 7	28	77.42 kg/cm ²
N° 8	28	70.70 kg/cm ²
N° 9	28	73.71 kg/cm ²
N° 10	28	69.57 kg/cm ²
N° 11	28	54.59 kg/cm ²
N° 12	28	64.44 kg/cm ²

A 14 días

Prom	67.25 kg/cm ²
Máx.	80.90 kg/cm ²
Min	58.17 kg/cm ²

A 28 días

Prom	68.41 kg/cm ²
Máx.	77.42 kg/cm ²
Min	54.59 kg/cm ²


Gráfico 27: Ensayo a compresión.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 28: Probeta N°1 D1

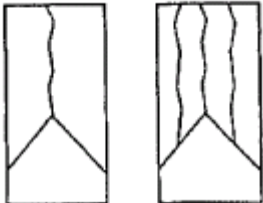


<p>Probeta # 1 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 29: Probeta N°2 D1




<p>Probeta # 2 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 2 Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 30: Probeta N°3 D1

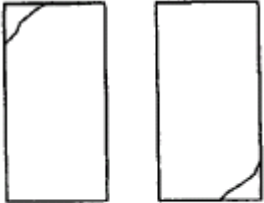


<p>Probeta # 3 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 31: Probeta N°4 D1




<p>Probeta # 4 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 32: Probeta N°5 D1

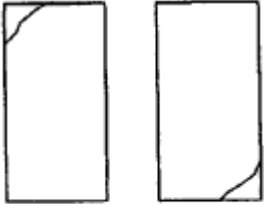


<p>Probeta # 5 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 33: Probeta N°6 D1



<p>Probeta # 6 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de empujado</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 34: Probeta N°7 D1



Fuente: Elaboración propia, 2015.


<p>Probeta # 7 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Gráfico 35: Probeta N°8 D1



Fuente: Elaboración propia, 2015.

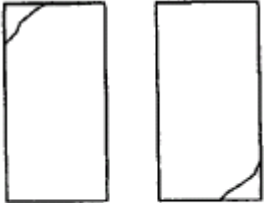
<p>Probeta # 8 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de empuñadn</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Gráfico 36: Probeta N°9 D1



Fuente: Elaboración propia, 2015.

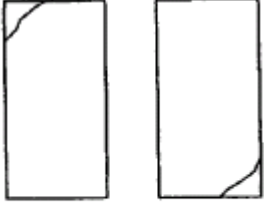
<p> Probeta # 9 Tipo de Fractura </p>	 <p> Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado </p>
<p>NTP 339.034</p>	

Gráfico 37: Probeta N°10 D1



Fuente: Elaboración propia, 2015.


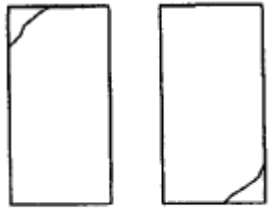
<p> Probeta # 10 Tipo de Fractura </p>	 <p> Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado </p>
<p>NTP 339.034</p>	

Gráfico 38: Probeta N°11 D1

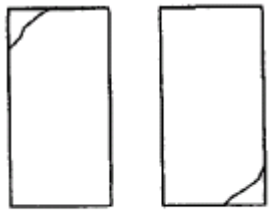


<p>Probeta # 11 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de emhonnado</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 39: Probeta N°12 D1



<p>Probeta # 12 Tipo de Fractura</p>	 <p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de emhonnado</p>
<p>NTP 339.034</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 40: Restos de concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 41: Agregado destrozado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 42: Agregado destrozado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 43: Agregado destrozado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico 44: Agregado destrozado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

6.3. Pavimento

La infiltración que tiene el concreto es de 1790.35 mm/hr.

Gráfico 45: Ensayo de infiltración ASTM C 1701.

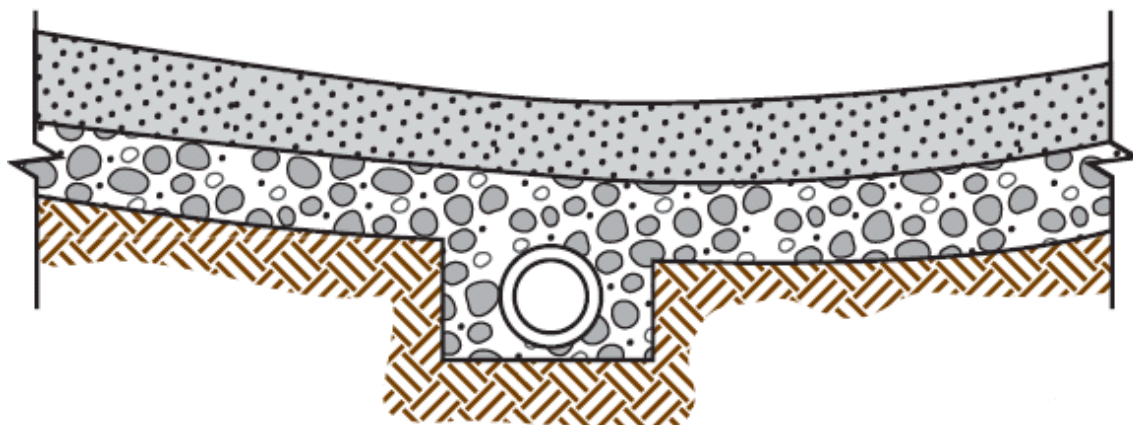


Fuente: Elaboración propia, 2015.

6.4. Estructura

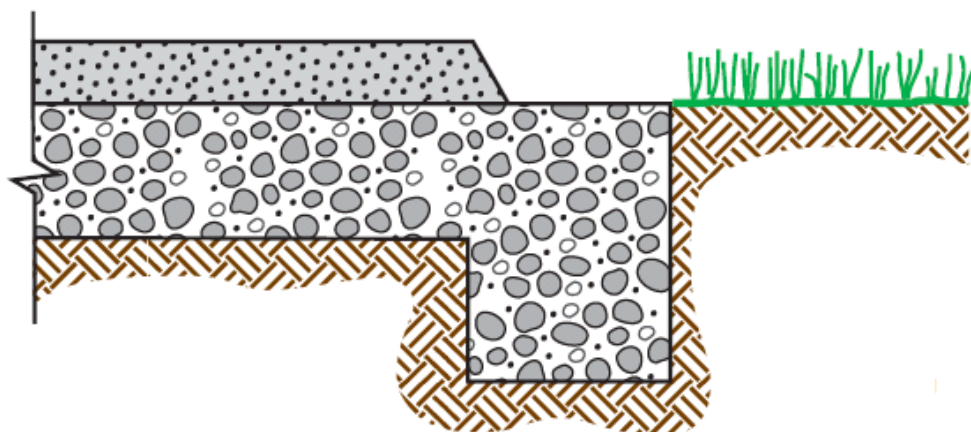
6.4.1. Diseños de estructuras de pavimentos

Gráfico 46: Pavimento con drenaje por tubería intermedia.



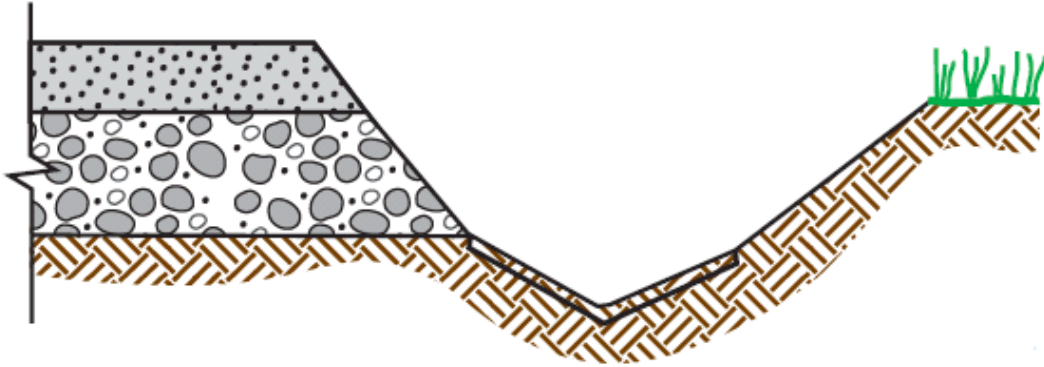
Fuente: PCA, NRMCA Pervious Concrete.

Gráfico 47: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con Over como subbase.



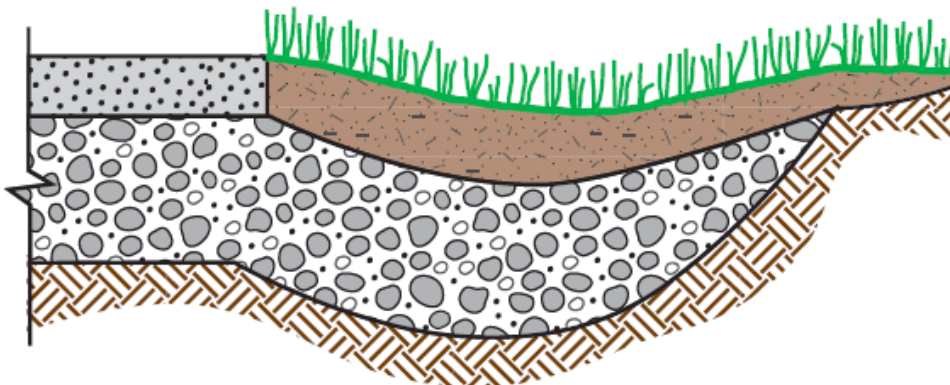
Fuente: PCA, NMRCA Pervious Concrete.

Gráfico 48: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con cuneta.



Fuente: PCA, NRMCA Pervious Concrete.

Gráfico 49: Pavimento con drenaje lateral por gravedad con cuneta y over.

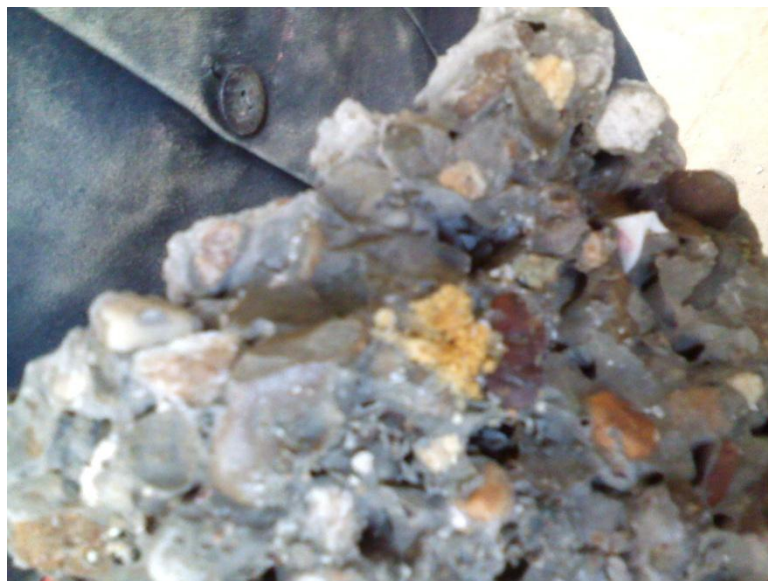


Fuente: PCA, NRMCA Pervious Concrete.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

1. El diseño de un concreto permeable bajo el diseño del comité ACI 211.3R – 02 con agregado proveniente de la cantera "Río Cajamarquino" para la ciudad de Cajamarca no es factible ya que la resistencia a compresión promedio de los testigos de concreto ($f'c = 68.41 \text{ kg/cm}^2$) se encuentra por debajo de lo requerido según la metodología PCA ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), al ser un concreto "0 finos" y "0 slump" su resistencia depende de los agregados.
2. La granulometría del agregado, del agregado proveniente de la cantera "Río Cajamarquino" satisface el huso granulométrico #67 especificado por ASTM C33. Ver gráfico 14.
3. Para determinar la calidad del agregado grueso según las normas NTP 400.019 y ASTM C 131 de abrasión se considera un límite máximo de 40% teniendo en nuestro agregado 24.65% cumpliendo con la especificación.
4. El concreto al ser "0 finos" y "0 slump" tiende a tener poca resistencia, la cual depende de los agregados.

Gráfico 50: Falla del agregado del concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Al aumentar finos aumenta la resistencia a compresión, disminuye el porcentaje de vacíos y por ende la capacidad drenante.

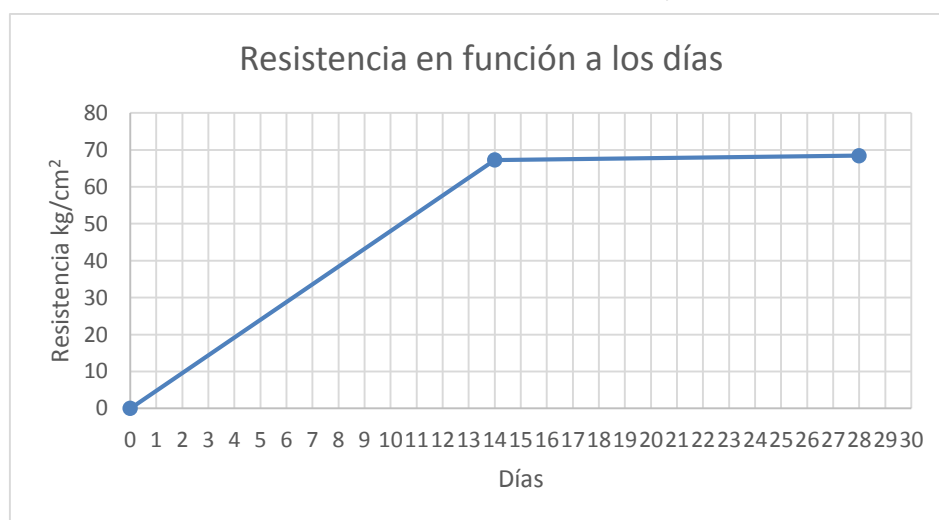
Las características específicas de los diseños de los pavimentos permeable van función a la precipitación máxima y resistencia del concreto, existe una relación directamente proporcional, a mayor intensidad, mayor porcentaje de vacíos y una indirectamente, a mayor porcentaje de vacíos, menor resistencia.

5. El ensayo según la ASTM C1701 nos arroja un resultado de 1790.35 mm/hr o 29.84mm/min, lo que permite una buena infiltración en Cajamarca, ya que, en la mayor parte del año, tenemos dicha precipitación.

CONCLUSIONES

1. El agregado de la cantera “Río Cajamarquino” no es adecuado para elaborar un concreto permeable para pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca ya que la resistencia a compresión se encuentra por debajo mínimo permitido por el método PCA.
2. El material de agregado proveniente de la cantera “Río Cajamarquino” satisface las características físico - mecánicas mínimas para la elaboración de un concreto permeable para pavimentos, sin embargo, al ser utilizado en un concreto drenante no permite lograr resistencia mínima requerida.
3. Se determinó las características mecánicas del concreto permeable obteniendo los siguientes resultados: la resistencia a compresión axial de las muestras de concreto es casi similar a los 14 y 28 días, siendo estas $f'c = 67.25 \text{ kg/m}^2$ y $f'c = 68.41 \text{ kg/m}^2$ respectivamente. Con estos resultados se concluye que, debido a ser un concreto “0 finos” la resistencia va en función a los agregados y no en el cemento ni tiempo de curado.

Gráfico 51: Relación de resistencia a los 14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

RECOMENDACIONES

1. Se puede mejorar la resistencia del concreto utilizando la cantera estudiada adicionándole aditivos, tiras de plástico; lo que es motivo de futuros trabajos de investigación.
2. Realizar la misma investigación con los mismos parámetros utilizando otras canteras de la ciudad de Cajamarca para determinar la existencia o no de un agregado adecuado para este tipo de concreto.

REFERENCIAS

1. **AASHTO - 93. (1986).** Diseño de pavimento rígido.
2. **AASHTO. (1993).** MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.
3. **ACI 522R-06. (s.f.).**
4. **ASTM C 1701. (s.f.).** Infiltración para concreto permeable en sitio.
5. **Azañedo Medina, W., Chávez Juanito, H., & Muñoz Valdivia, R. (s.f.).** Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria, cemento Portlad tipo I con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca".
6. **Calderón Colca, Y. V., & Charca Chura, J. A. (2013).** Investigación en concreto poroso. Arequipa: ASOCEM.
7. **CIP - 38. (2004).** Concrete In Práctice. Obtenido de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/38p.pdf>
8. **Hidrocreto. (2015).** Ecocreto México. Obtenido de <http://www.concretopermeable.com/aplicaciones.html>
9. **Michelin. (2012).** michelin.es. Obtenido de <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/aquaplaning>.
10. **MTC, E. 2. (2000).** Manual de ensayo de materiales.
11. **NRMCA. (2004). CIP - 38.** National Ready Mixed Concrete Association.
12. **NTP 334.001. (2001).** Cemento: Definiciones y nomenclatura.
13. **NTP 400.012. (2001).** Norma Técnica Peruana. Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima.
14. **NTP, 333.034. (2008).** Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.
15. **NTP, 4. (s.f.).** Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
16. **NTP, 400.017. (1999).** Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

17. NTP, 400.019. (2002): Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

18. NTP, 400.021. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

20. Pierson, J. W. (1902). City Roads and Pavements. New York: The Engineering News Publishing Co.

19. WAPA. (2013). Wisconsin Asphalt Pavement Association. Obtenido de http://www.wispave.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/Spring2013WAPANews_WEB.pdf

12. NTP 400.010. 2001 Extracción y preparación de muestras. 2001

13. NTP 339. 185.2002. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2002.

14. NTP 400. 021.2002 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

ANEXOS

EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Extracción y preparación de muestras del agregado

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.010 - 2001 AGREGADOS:
Extracción y preparación de muestras.

I. OBJETO

Establecer los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- * Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- * Control en la fuente de abastecimiento.
- * Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- * Aceptación o rechazo de los materiales

II. SIGNIFICADO Y USO

El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

III. MUESTRAS CONFIABLES

III.1. Generalidades

Las muestras para los ensayos de calidad deberán ser obtenidas de productos acabados. La muestra de productos ensayada por pérdida al desgaste de abrasión no estará sujeta a chancado posterior o reducido manualmente.

III.2 Procedimiento

A. Muestreo de fajas transportadoras

Se selecciona muestras al azar según ASTM D 3665

Obtener por lo menos 3 incrementos aproximadamente iguales, seleccionados al azar, de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo cuya masa iguale o exceda a la mínima recomendada.

B. Muestreo de depósitos

Designar un plan de muestreo. En este caso el cuarteo.

III.3 Número y masa de las muestras de campo

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.

Tabla de pesos mínimos por muestra

Tamaño máximo nominal del agregado (A)	Masa mínima aproximada para la muestra de campo (B)
Agregado fino	
2.36 mm	10 kg
4.76 mm	10 kg
Agregado grueso	
9.50 mm	10 kg
12.50 mm	15 kg
19.00 mm	25 kg
25.00 mm	50 kg
37.50 mm	75 kg
50.00 mm	100 kg
63.00 mm	125 kg
75.00 mm	150 kg
90.00 mm	175 kg

(A) Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

(B) Para agregado global (por ejemplo base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg.

Las cantidades indicadas en la Tabla 1 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios.

IV. ENVÍO DE LAS MUESTRAS

Transportar los agregados en bolsas u otros contenedores construidos como para prevenir pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra; o daños al contenido por el manipuleo durante el transporte.

La identificación individual de los contenedores de embarque para muestras de agregado estará anexa o incluida tanto en el reporte de campo, en el parte de laboratorio y en el reporte de ensayo.

ENSAYOS PARA AGREGADOS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RIGIDO, CAJAMARCA 2015"



Ensayo contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 339.185 - 2002 AGREGADOS:
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

I. OBJETO

Establecer los procedimientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado no considerando el agua en combinación química con los minerales.

II. CAMPO DE APLICACIÓN

El método mide la humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad que la muestra representada a la fuente de agregado.

III. MUESTREO

III.1. Generalidades

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTP 400.010 con excepción del tamaño de la muestra.

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Tabla 1: Tamaño de la muestra de agregado. Fuente: NTP 339.185 - 2002

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg).	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
4.75 (0.187) Nro. 4	0.5 kg
9.5 (3/8")	1.5 kg
12.5 (1/2")	2.0 kg
19 (3/4")	3.0 kg
25 (1")	4.0 kg
37.5 (1 1/2")	6.0 kg
50 (2")	8.0 kg
63 (2 1/2")	10.0 kg
75 (3")	13.0 kg
90 (3 1/2")	16.0 kg
100 (4")	25.0 kg
125 (5")	50.0 kg

Utilizamos

19 (3/4")	3.0 kg
-----------	--------

III.2 Procedimiento

- i. Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1%
- ii. Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula. Usar el horno a temperatura controlada.
- iii. La muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0.1% de pérdida adicional de masa.
- iv. Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.21% después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

IV. Expresión de resultados

Calcular el contenido de humedad total evaporable con:

$$p = 100(W - D)/D$$

p = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

1.- Peso de tara 0.176 kg

2.- Masa de la muestra húmeda W

	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Promedio
Peso sin tara	5.176 kg	5.176 kg	5.176 kg	5.176 kg
	5.000 kg	5.000 kg	5.000 kg	5.000 kg

3.- Masa de la muestra seca D

	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Promedio
Peso sin tara	4.982 kg	4.983 kg	4.988 kg	4.984 kg
	4.806 kg	4.807 kg	4.812 kg	4.808 kg

Contenido de humedad evaporable

3.99%

--	--	--

Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

ENSAYOS PARA AGREGADOS

Peso específico y absorción

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.021 - 2002 AGREGADOS:
Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

I. OBJETO

Establecer los procedimientos para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (Después de 24 horas) del agregado grueso.
Método no aplicable para agregados ligeros.

II. CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, a fin se usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas.

III. MUESTREO

III.1. Generalidades

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTP 400.010 con excepción del tamaño de la muestra.

III.2 Procedimiento

- i. Secar la muestra a peso constante, a un temperatura de 110 °C, ventilar en un lugar fresco de 1h a 3h.
- ii. Sumergir el material por 24h.
- iii. Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño absorbente hasta desaparecer toda partícula de agua visible.
- iv. Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en al cesta de alambre y se determina su pesa en agua a temperatura entre 23 °C, densidad 997 kg/m³. Tener cuidado del aire atrapado antes del pesado.
- v. Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre 100 °C y se deja enfriar hasta la temperatura de ambiente (1-3h) y se pesa.

IV. CÁLCULOS

IV.1. Peso específico

i. Peso específico de masa (Pem)

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

A =	3294.6 gr
B =	3361.1 gr
C =	2069.1 gr
Pem =	2.6 gr

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada

ii. Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

PeSSS =	2.55 %
---------	--------

iii. Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Pea =	2.69 %
-------	--------

iv. Absorción

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

Ab =	2.02%
------	-------

V. REPORTE

Reportar el resultado del peso específico con aproximación a 0.01 e indicar el tipo de peso específico , ya sea de masa, saturado superficialmente seco o aparente.

Reportar el resultado de absorción con aproximación a 0.1%

--	--	--

Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

ENSAYOS AGREGADOS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Ensayo análisis granulométrico del agregado grueso.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.012 - 2001, AGREGADOS:
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

I. MUESTREO

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Mezclar la muestra y reducirla hasta la cantidad necesaria. Procedimientos ASTM C 702

Tamaño máximo nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg).	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
9.5 (3/8")	1.0 kg
12.5 (1/2")	2.0 kg
19 (3/4")	5.0 kg
25 (1")	10.0 kg
37.5 (1 1/2")	15.0 kg
50 (2")	20.0 kg
63 (2 1/2")	35.0 kg
75 (3")	60.0 kg
90 (3 1/2")	100.0 kg
100 (4")	150.0 kg
125 (5")	300.0 kg

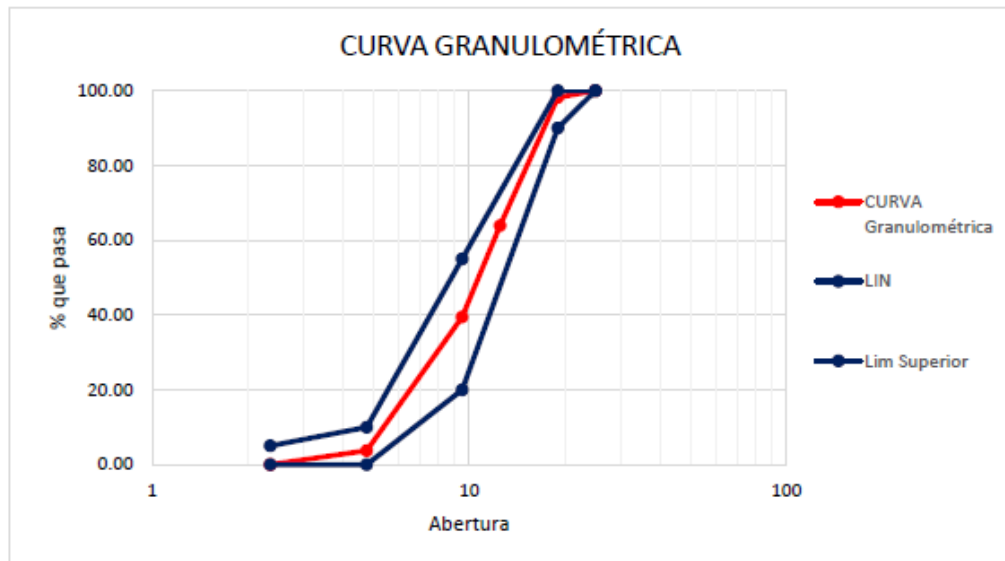
Utilizamos

II. PROCEDIMIENTO

Malla	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	% RETENIDO	% RET ACUM
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	33.00	26.00	44.00	34.33	1.81	1.81
1/2"	592.00	624.00	732.00	649.33	34.29	36.10
3/8"	470.00	520.00	396.00	462.00	24.40	60.50
#04	654.00	780.00	598.00	677.33	35.77	96.27
FONDO	70.00	88.00	54.00	70.67	3.73	100.00
TOTAL	1819.00 kg	2038.00 kg	1824.00 kg	1893.67 kg		

Malla	Lim Inferior	Lim Superior	% PASA
37.5			
25	100.00	100.00	100.00
19	90.00	100.00	98.19
12.5			63.90
9.5	20.00	55.00	39.50
4.75	0.00	10.00	3.73
2.36	0.00	5.00	0.00

USO 67



Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

ENSAYOS AGREGADOS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Ensayo peso unitario agregado

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.017 - 1999, AGREGADOS:

Determina el peso unitario suelto o compactado, el cálculo de vacíos. Aplicable para agregado de tamaño máximo nominal de 150mm.

I. APARATOS

Balanza	Con aproximación a 0.05 kg
Barra compactadora	Recta, de acero liso 16 mm (5/8") de diámetro y 60cm de longitud.
Recipiente de Medida	Cilindros metálicos con asas.
Pala de mano	Pala para llenar el recipiente.
Equipo de Calibración	Plancha de vidrio de 6mm de espesor y 25mm mayor al diámetro del recipiente a calibrar.

II. MUESTREO

Según NTP 400.010 se tomaron 50kg de material.

Se requerirá 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y sea manipulada.

Como se tiene agregado de Tamaño máximo nominal de 37.5mm a menos se utiliza el procedimiento de apisonado.

III. PROCEDIMIENTO

Se rellena la tercera parte del recipiente y se nivela con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.

Se rellena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.

Finalmente se rellena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora y el agregado sobrante se lo elimina utilizando la barra compactadora como regla.

III.1. Determinación del peso suelto

El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando desde una altura no mayor de 50mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.

Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05kg

IV. CÁLCULOS

i. Peso unitario.- calcular el peso unitario compactado o suelto:

$$M = (G - T)/V$$

$$M = (G - T) * F$$

M =	1639.0 kg/m ³
G =	20.0 kg
T =	4.8 kg
V =	0.0093 m ³

Donde:

- M = Peso Unitario del agregado en kg/m³
- G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg
- T = Peso del recipiente de medida en kg
- V = Volumen de la medida en m³
- F = Factor de la medida en m³

El peso unitario determinado por este método de ensayo es para agregado de condición seca.

$$M_{SSS} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$$

M _{SSS} =	1639.36
--------------------	---------

Donde:

- M_{SSS} = Peso Unitario en la condición Saturado Superficialmente Seco en kg/m³.
- A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

ii. Contenido de vacíos.- Calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado.

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

% vacíos	35.96 %
----------	---------

Donde:

- M = Peso Unitario del agregado en kg/m³
- S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021
- W = Densidad del agua, 998 kg/m³

--	--	--

Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

ENSAYOS AGREGADOS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Resistencia a la degradación

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 400.019 - 2002, AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

Medida del tamiz		Masa de tamaño indicado, gr			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm	25.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
25.0 mm	19.00 mm	1250 ± 25	-	-	-
19.0 mm	12.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
12.5 mm	9.50 mm	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
9.5 mm	6.30 mm	-	-	2500 ± 10	-
6.3 mm	4.75 mm	-	-	2500 ± 10	-
4.75 mm	2.36 mm	-	-	-	5000 ± 10

i. Peso retenido	1/4"	2501.20 kg
	3/8"	2502.70 kg
ii. Carga Abrasiva	C	8 esferas
iii. Peso restante		3770.50 kg

% abrasión 24.65%

Asesor: Ing. Cubas Becerra Alejandro	Director de Carrera: Ing. Aguilar Aliaga Orlando	Supervisor de laboratorio: Víctor Cuzco Minchan
---	---	--

ENSAYOS PAVIMENTO

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Infiltración del pavimento

Estándar establecido por la ASTM C 1701, Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete (Infiltración para concreto permeable en sitio).

Determina la cantidad de agua que atraviesa el concreto por unidad de tiempo.

I. APARATOS

Aro de infiltración	Aro de 12" marcada desde la base a 1cm y 15cm.
Cronómetro	Medición del tiempo.

II. PROCEDIMIENTO

1. Instalar el aro de infiltración.
2. Premojar el concreto con una cantidad definida de agua y tomar el tiempo. El agua debe encontrarse entre las dos líneas (1 - 1.5,cm)
3. Probar el concreto con una cantidad definida de agua y tomar el tiempo.

III. CÁLCULOS

$$I = \frac{K * M}{D^2 * t}$$

I = Infiltración (mm/hr)
M = Masa del agua (kg)
D = 12 Diámetro del aro (mm)
T = Tiempo de infiltración (sec)
K = 126870, constante (kg)

M =	40.00 lb
D =	12.00 in
T =	18 sec
K =	126870
I =	1957.87 in/hr

M =	18.14 kg
D =	50.80 mm
T =	18 sec
K =	4583666
I =	1790.35 mm/hr

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

# Probeta	# días	f'c
Nº 1	14	66.97 kg/cm ²
Nº 2	14	60.87 kg/cm ²
Nº 3	14	62.86 kg/cm ²
Nº 4	14	58.17 kg/cm ²
Nº 5	14	80.90 kg/cm ²
Nº 6	14	73.72 kg/cm ²
Nº 7	28	77.42 kg/cm ²
Nº 8	28	70.70 kg/cm ²
Nº 9	28	73.71 kg/cm ²
Nº 10	28	69.57 kg/cm ²
Nº 11	28	54.59 kg/cm ²
Nº 12	28	64.44 kg/cm ²

A 14 días

Prom	67.25 kg/cm ²
Máx.	80.90 kg/cm ²
Min	58.17 kg/cm ²

A 28 días

Prom	68.41 kg/cm ²
Máx.	77.42 kg/cm ²
Min	54.59 kg/cm ²

--	--	--

Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

ENSAYOS PARA PROBETAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Resistencia a la compresión.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

Nº:	1
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	29.90 cm
Tiempo:	2.46 min
Carga Máx.:	11835 kg
Def Máx.:	6.51 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.0000	0.0000
500	2.83	0.2500	0.0084
1000	5.66	0.3200	0.0107
1500	8.49	0.3700	0.0124
2000	11.32	0.4030	0.0135
2500	14.15	0.4360	0.0146
3000	16.98	0.4540	0.0152
3500	19.81	0.4780	0.0160
4000	22.64	0.4960	0.0166
4500	25.46	0.5160	0.0173
5000	28.29	0.5310	0.0178
5500	31.12	0.5420	0.0181
6000	33.95	0.5530	0.0185
6500	36.78	0.5690	0.0190
7000	39.61	0.5740	0.0192
7500	42.44	0.5810	0.0194
8000	45.27	0.5900	0.0197
8500	48.10	0.5990	0.0200
9000	50.93	0.6100	0.0204
9500	53.76	0.6200	0.0207
10000	56.59	0.6280	0.0210
10500	59.42	0.6340	0.0212
11000	62.25	0.6460	0.0216
11500	65.08	0.6520	0.0218
11835	66.97	0.6610	0.0221

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

Nº:	2
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	29.70 cm
Tiempo:	2.58 min
Carga Máx.:	10757 kg
Def Máx.:	7.71 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.83	0.288	0.0097
1000	5.66	0.366	0.0123
1500	8.49	0.422	0.0142
2000	11.32	0.466	0.0157
2500	14.15	0.500	0.0168
3000	16.98	0.532	0.0179
3500	19.81	0.554	0.0187
4000	22.64	0.576	0.0194
4500	25.46	0.602	0.0203
5000	28.29	0.617	0.0208
5500	31.12	0.633	0.0213
6000	33.95	0.643	0.0216
6500	36.78	0.654	0.0220
7000	39.61	0.675	0.0227
7500	42.44	0.682	0.0230
8000	45.27	0.691	0.0233
8500	48.10	0.716	0.0241
9000	50.93	0.728	0.0245
9500	53.76	0.734	0.0247
10000	56.59	0.741	0.0249
10500	59.42	0.751	0.0253
10757	60.87	0.771	0.0260

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008

CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	3
Diámetro:	14.90 cm
Altura:	29.85 cm
Tiempo:	2.54 min
Carga Máx.:	10961 kg
Def Máx.:	7.12 mm
Área:	174.37 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.87	0.18	0.0061
1000	5.74	0.27	0.0090
1500	8.60	0.33	0.0109
2000	11.47	0.37	0.0125
2500	14.34	0.41	0.0138
3000	17.21	0.45	0.0150
3500	20.07	0.47	0.0158
4000	22.94	0.50	0.0166
4500	25.81	0.52	0.0175
5000	28.68	0.54	0.0181
5500	31.54	0.56	0.0188
6000	34.41	0.58	0.0194
6500	37.28	0.59	0.0198
7000	40.15	0.61	0.0204
7500	43.01	0.62	0.0207
8000	45.88	0.63	0.0211
8500	48.75	0.64	0.0215
9000	51.62	0.65	0.0219
9500	54.48	0.67	0.0225
10000	57.35	0.69	0.0231
10500	60.22	0.70	0.0235
10961	62.86	0.71	0.0239

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	4
Diámetro:	14.80 cm
Altura:	30.00 cm
Tiempo:	2.31 min
Carga Máx.:	10007 kg
Def Máx.:	7.40 mm
Área:	172.03 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.91	0.20	0.0067
1000	5.81	0.29	0.0097
1500	8.72	0.36	0.0118
2000	11.63	0.41	0.0136
2500	14.53	0.45	0.0148
3000	17.44	0.48	0.0159
3500	20.34	0.51	0.0168
4000	23.25	0.53	0.0177
4500	26.16	0.56	0.0185
5000	29.06	0.57	0.0191
5500	31.97	0.59	0.0197
6000	34.88	0.61	0.0203
6500	37.78	0.62	0.0207
7000	40.69	0.64	0.0213
7500	43.60	0.65	0.0217
8000	46.50	0.67	0.0223
8500	49.41	0.68	0.0225
9000	52.32	0.69	0.0229
9500	55.22	0.70	0.0233
10000	58.13	0.72	0.0240
10007	58.17	0.74	0.0247

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	5
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	30.00 cm
Tiempo:	2.26 min
Carga Máx.:	14297 kg
Def Máx.:	6.62 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.83	0.18	0.0059
1000	5.66	0.26	0.0088
1500	8.49	0.32	0.0107
2000	11.32	0.37	0.0122
2500	14.15	0.40	0.0133
3000	16.98	0.43	0.0143
3500	19.81	0.45	0.0151
4000	22.64	0.47	0.0157
4500	25.46	0.48	0.0161
5000	28.29	0.49	0.0164
5500	31.12	0.50	0.0167
6000	33.95	0.51	0.0171
6500	36.78	0.52	0.0174
7000	39.61	0.53	0.0177
7500	42.44	0.54	0.0181
8000	45.27	0.54	0.0181
8500	48.10	0.55	0.0184
9000	50.93	0.57	0.0190
9500	53.76	0.58	0.0194
10000	56.59	0.59	0.0197
10500	59.42	0.60	0.0200
11000	62.25	0.61	0.0203
11500	65.08	0.62	0.0205
12000	67.91	0.62	0.0208
12500	70.74	0.63	0.0211
13000	73.56	0.64	0.0214
13500	76.39	0.65	0.0216
14000	79.22	0.66	0.0219
14297	80.90	0.66	0.0221

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	6
Diámetro:	14.90 cm
Altura:	29.80 cm
Tiempo:	2.26 min
Carga Máx.:	12854 kg
Def Máx.:	6.83 mm
Área:	174.37 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	20/11/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.87	0.17	0.0057
1000	5.74	0.26	0.0089
1500	8.60	0.32	0.0109
2000	11.47	0.37	0.0123
2500	14.34	0.41	0.0136
3000	17.21	0.44	0.0148
3500	20.07	0.46	0.0156
4000	22.94	0.49	0.0164
4500	25.81	0.51	0.0171
5000	28.68	0.52	0.0175
5500	31.54	0.53	0.0179
6000	34.41	0.54	0.0183
6500	37.28	0.56	0.0187
7000	40.15	0.57	0.0192
7500	43.01	0.58	0.0196
8000	45.88	0.59	0.0198
8500	48.75	0.60	0.0202
9000	51.62	0.61	0.0205
9500	54.48	0.63	0.0210
10000	57.35	0.63	0.0213
10500	60.22	0.64	0.0215
11000	63.09	0.65	0.0219
11500	65.95	0.66	0.0222
12000	68.82	0.67	0.0226
12500	71.69	0.68	0.0228
12854	73.72	0.68	0.0229

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	7
Diámetro:	14.90 cm
Altura:	29.90 cm
Tiempo:	1.58 min
Carga Máx.:	13249 kg
Def Máx.:	7.52 mm
Área:	174.37 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.00	0.0000
500	2.87	0.21	0.0070
1000	5.74	0.30	0.0100
1500	8.60	0.33	0.0112
2000	11.47	0.35	0.0118
2500	14.34	0.40	0.0134
3000	17.21	0.43	0.0144
3500	20.07	0.46	0.0154
4000	22.94	0.49	0.0164
4500	25.81	0.51	0.0171
5000	28.68	0.53	0.0179
5500	31.54	0.56	0.0186
6000	34.41	0.57	0.0190
6500	37.28	0.58	0.0194
7000	40.15	0.60	0.0200
7500	43.01	0.61	0.0204
8000	45.88	0.63	0.0210
8500	48.75	0.64	0.0214
9000	51.62	0.65	0.0218
9500	54.48	0.67	0.0223
10000	57.35	0.69	0.0230
10500	60.22	0.69	0.0231
11000	63.09	0.70	0.0234
11500	65.95	0.71	0.0237
12000	68.82	0.72	0.0241
12500	71.69	0.73	0.0244
13000	74.56	0.74	0.0247
13500	77.42	0.75	0.0252

ENSAYOS PARA PROBETAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"

Resistencia a la compresión.



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	8
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	30.00 cm
Tiempo:	1.51 min
Carga Máx.:	12494 kg
Def Máx.:	6.00 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.83	0.15	0.0049
1000	5.66	0.22	0.0075
1500	8.49	0.28	0.0093
2000	11.32	0.31	0.0104
2500	14.15	0.34	0.0114
3000	16.98	0.37	0.0124
3500	19.81	0.40	0.0132
4000	22.64	0.41	0.0137
4500	25.46	0.42	0.0140
5000	28.29	0.43	0.0144
5500	31.12	0.44	0.0147
6000	33.95	0.45	0.0150
6500	36.78	0.47	0.0155
7000	39.61	0.47	0.0157
7500	42.44	0.48	0.0160
8000	45.27	0.49	0.0163
8500	48.10	0.50	0.0166
9000	50.93	0.51	0.0171
9500	53.76	0.53	0.0176
10000	56.59	0.54	0.0179
10500	59.42	0.55	0.0182
11000	62.25	0.56	0.0187
11500	65.08	0.58	0.0193
12000	67.91	0.59	0.0196
12494	70.70	0.60	0.0200

ENSAYOS PARA PROBETAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RIGIDO, CAJAMARCA 2015"



Resistencia a la compresión.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	9
Diámetro:	14.90 cm
Altura:	29.80 cm
Tiempo:	2.11 min
Carga Máx.:	12853 kg
Def Máx.:	8.63 mm
Área:	174.37 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.87	0.25	0.0082
1000	5.74	0.34	0.0115
1500	8.60	0.40	0.0135
2000	11.47	0.45	0.0151
2500	14.34	0.48	0.0162
3000	17.21	0.51	0.0171
3500	20.07	0.54	0.0181
4000	22.94	0.56	0.0187
4500	25.81	0.58	0.0194
5000	28.68	0.62	0.0208
5500	31.54	0.64	0.0215
6000	34.41	0.65	0.0219
6500	37.28	0.67	0.0224
7000	40.15	0.68	0.0229
7500	43.01	0.69	0.0233
8000	45.88	0.72	0.0241
8500	48.75	0.73	0.0245
9000	51.62	0.76	0.0254
9500	54.48	0.75	0.0253
10000	57.35	0.77	0.0258
10500	60.22	0.78	0.0262
11000	63.09	0.79	0.0266
11500	65.95	0.82	0.0274
12000	68.82	0.83	0.0278
12500	71.69	0.86	0.0287
12853	73.71	0.86	0.0290

ENSAYOS PARA PROBETAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Resistencia a la compresión.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	10
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	29.90 cm
Tiempo:	1.36 min
Carga Máx.:	12294 kg
Def Máx.:	5.20 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.83	0.08	0.0027
1000	5.66	0.15	0.0048
1500	8.49	0.18	0.0060
2000	11.32	0.22	0.0072
2500	14.15	0.24	0.0081
3000	16.98	0.27	0.0092
3500	19.81	0.29	0.0098
4000	22.64	0.31	0.0104
4500	25.46	0.33	0.0110
5000	28.29	0.33	0.0110
5500	31.12	0.34	0.0114
6000	33.95	0.36	0.0120
6500	36.78	0.39	0.0130
7000	39.61	0.41	0.0137
7500	42.44	0.42	0.0141
8000	45.27	0.43	0.0144
8500	48.10	0.44	0.0147
9000	50.93	0.45	0.0151
9500	53.76	0.46	0.0155
10000	56.59	0.47	0.0158
10500	59.42	0.48	0.0161
11000	62.25	0.49	0.0164
11500	65.08	0.50	0.0167
12000	67.91	0.51	0.0171
12294	69.57	0.52	0.0174

ENSAYOS PARA PROBETAS

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Resistencia a la compresión.

Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	11
Diámetro:	15.00 cm
Altura:	30.00 cm
Tiempo:	3.01 min
Carga Máx.:	9647 kg
Def Máx.:	7.61 mm
Área:	176.71 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.83	0.23	0.0077
1000	5.66	0.34	0.0113
1500	8.49	0.40	0.0133
2000	11.32	0.45	0.0149
2500	14.15	0.49	0.0162
3000	16.98	0.52	0.0172
3500	19.81	0.54	0.0181
4000	22.64	0.56	0.0188
4500	25.46	0.60	0.0200
5000	28.29	0.61	0.0203
5500	31.12	0.63	0.0210
6000	33.95	0.64	0.0215
6500	36.78	0.66	0.0219
7000	39.61	0.67	0.0224
7500	42.44	0.68	0.0228
8000	45.27	0.70	0.0233
8500	48.10	0.73	0.0243
9000	50.93	0.74	0.0248
9500	53.76	0.75	0.0251
9647	54.59	0.76	0.0254

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RIGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

N°:	12
Diámetro:	14.90 cm
Altura:	29.80 cm
Tiempo:	2.12 min
Carga Máx.:	11237 kg
Def Máx.:	5.90 mm
Área:	174.37 cm ²
F vaciado:	06/11/2015
F Rotura:	04/12/2015

Carga	Esfuerzo	Deformación	Def. unitaria
0	0.00	0.000	0.0000
500	2.87	0.170	0.0057
1000	5.74	0.231	0.0078
1500	8.60	0.254	0.0085
2000	11.47	0.278	0.0093
2500	14.34	0.328	0.0110
3000	17.21	0.361	0.0121
3500	20.07	0.382	0.0128
4000	22.94	0.411	0.0138
4500	25.81	0.432	0.0145
5000	28.68	0.456	0.0153
5500	31.54	0.466	0.0156
6000	34.41	0.477	0.0160
6500	37.28	0.488	0.0164
7000	40.15	0.499	0.0167
7500	43.01	0.512	0.0172
8000	45.88	0.521	0.0175
8500	48.75	0.531	0.0178
9000	51.62	0.544	0.0183
9500	54.48	0.552	0.0185
10000	57.35	0.561	0.0188
10500	60.22	0.572	0.0192
11000	63.09	0.583	0.0196
11237	64.44	0.590	0.0198

ENSAYOS PARA PROBETAS

Resistencia a la compresión.

"EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RIO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015"



Estándar establecido por la Norma Técnica Peruana 333.034 - 2008
CONCRETO: Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas.

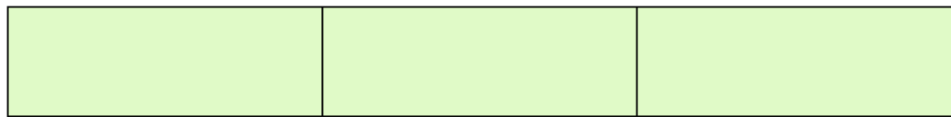
# Probeta	# días	f'c
Nº 1	14	66.97 kg/cm ²
Nº 2	14	60.87 kg/cm ²
Nº 3	14	62.86 kg/cm ²
Nº 4	14	58.17 kg/cm ²
Nº 5	14	80.90 kg/cm ²
Nº 6	14	73.72 kg/cm ²
<hr/>		
Nº 7	28	77.42 kg/cm ²
Nº 8	28	70.70 kg/cm ²
Nº 9	28	73.71 kg/cm ²
Nº 10	28	69.57 kg/cm ²
Nº 11	28	54.59 kg/cm ²
Nº 12	28	64.44 kg/cm ²

A 14 días

Prom	67.25 kg/cm ²
Máx.	80.90 kg/cm ²
Min	58.17 kg/cm ²

A 28 días

Prom	68.41 kg/cm ²
Máx.	77.42 kg/cm ²
Min	54.59 kg/cm ²



Asesor: Ing. Cubas Becerra
Alejandro

Director de Carrera: Ing. Aguilar
Aliaga Orlando

Supervisor de laboratorio: Víctor
Cuzco Minchan

