

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL CONCRETO PARA EDIFICACIONES  
ADICIONANDO CAL HIDRATADA, BAMBAMARCA**

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

**Presentado por:**

**EDUAR ELÍ OBLITAS SÁNCHEZ**

**Asesor:**

**Ing. CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ**

**Chota, Perú**

**2021**



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: **Oblitas Sánchez Eduar Elí**

Código del alumno: **2014050149**

Correo electrónico: **oblitassanchez94@gmail.com**

Teléfono: **914232350**

DNI: **71399525**

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Magister

Licenciado

Segunda especialidad

Título

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DEL CONCRETO PARA EDIFICACIONES ADICIONANDO CAL HIDRATADA, BAMBAMARCA

5. FACULTAD DE: Ciencias de la Ingeniería

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: Ingeniería Civil

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: **Benavidez Núñez Claudia Emilia**

Correo electrónico: **cebenavidezn@unach.edu.pe**

Teléfono: **959008297**

D.N.I: **70609688**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

**EDUAR ELÍ OBLITAS SÁNCHEZ**

**DNI. 71399525**

Fecha, 27/09/2021

**EVALUACIÓN DEL CONCRETO PARA EDIFICACIONES  
ADICIONANDO CAL HIDRATADA, BAMBAMARCA**

**POR:**

**EDUAR ELÍ OBLITAS SÁNCHEZ**

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE CHOTA PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**



---

**Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi  
PRESIDENTE**



---

**Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
SECRETARIO**



---

**Mg. Ing. Azucena Chávez Collantes  
VOCAL**

**COPYRIGHT @ 2020 by**

**EDUAR ELÍ OBLITAS SÁNCHEZ**

**Todos los derechos reservados.**

## DEDICATORIA

A:

Dios, por guiarme a cada instante, por darme fuerza para seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presenta en la vida. A mi mamá Luz Elena Sánchez Quintana, por creer siempre en mí, que con esfuerzo me ayudaste a obtener cada una de mis metas. A mi papá

Oscar Oblitas Irigoín por el apoyo incondicional, por tus cuidados y consejos que me brindas para seguir por el buen camino. A mi Hermano José Yonel Oblitas Sánchez, por el apoyo constante para así poder continuar con cada meta trazada. Y finalmente esta investigación va dedicada a aquellos que emplean su tiempo en busca de nuevos conocimientos para el bienestar de la sociedad entera

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la vida, la salud y permitirme llegar hasta este momento de mi formación como profesional.

A mis padres Oscar Oblitas y Luz Elena Sánchez, por ser lo más importante en mi vida, por ofrecerme su cariño y apoyo incondicional.

A mi hermano José Yonel Oblitas Sánchez, por brindarme su compañía, apoyo y amistad.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota por darme la oportunidad de pertenecer a esta importante casa de estudios.

A mi Asesora, Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez quien estuvo apoyándome en cada momento para poder culminar la tesis.

A los docentes de la Facultad de ingeniería civil por sus enseñanzas durante nuestra vida universitaria, quienes con sus aportes y conocimientos han hecho de mi persona un profesional competente.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xx
<b>CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN</b> .....	21
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	21
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	23
<b>1.3. Justificación e importancia</b> .....	23
<b>1.4. Delimitación de la investigación</b> .....	24
<b>1.5. Limitaciones</b> .....	24
<b>1.6. Objetivos</b> .....	25
<b>1.6.1. Objetivo general</b> .....	25
<b>1.6.2. Objetivos específicos</b> .....	25
<b>CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO</b> .....	26
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	26
<b>2.1. Marco teórico</b> .....	28
<b>2.1.1. Cemento portland (NTP 334.009)</b> .....	28
<b>2.1.2. Cemento portland con adiciones (NTP 334.090)</b> .....	29
<b>2.1.3. Agregados para el concreto (NTP 400.037)</b> .....	29
<b>2.1.4. Análisis granulométrico de agregado fino y grueso (NTP 400.012)</b> .....	30
<b>2.1.5. Contenido de humedad (NTP 339.185)</b> .....	31
<b>2.1.6. Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en el agregado grueso y fino (NTP 400.018)</b> .....	31
<b>2.1.7. Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)</b> .....	32
<b>2.1.8. Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022)</b> .....	33

2.1.9.	Masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017).....	35
2.1.10.	Resistencia a la degradación en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019).....	35
2.1.11.	Asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035).....	36
2.1.12.	Densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (NTP 339.046) .....	36
2.1.13.	Contenido de aire del concreto fresco (NTP 339.081) .....	37
2.1.14.	Tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración (NTP 339.082) .....	37
2.1.15.	Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland (Norma NTP 339.088).....	37
2.1.16.	Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)	38
2.1.17.	Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034) .....	38
2.1.18.	Absorción del concreto (ASTM C 1585 - 04).....	38
2.1.19.	Mineral cal.....	39
2.1.20.	Cal hidratada.....	40
2.1.21.	Concreto líquido o grout .....	44
2.1.22.	Canteras de agregado fino y grueso .....	44
2.1.23.	Caleras .....	45
2.1.24.	Método del comité American Concrete Institute (ACI) .....	46
2.2.	Definición de términos.....	46
2.2.1.	Diseño de mezclas .....	46
2.2.2.	Calor de hidratación.....	47
2.2.3.	Cemento hidráulico .....	47

2.2.4. Agregado .....	47
2.2.5. Curva granulométrica .....	47
2.2.6. Aditivo .....	47
<b>CAPÍTULO III.- PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>48</b>
3.1. Hipótesis.....	48
3.2. Variables.....	48
3.2.1. Variable independiente .....	48
3.2.2. Variable dependiente.....	48
3.3. Operacionalización de variables.....	49
<b>CAPÍTULO IV.- MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>51</b>
4.1. Ubicación geográfica del estudio .....	51
4.2. Población, muestra y unidad de análisis .....	51
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación.....	53
4.3.1. Tipo de investigación .....	53
4.3.2. Diseño de investigación .....	53
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	53
4.4.1. Ensayos de los agregados .....	54
4.4.2. Ensayos del concreto en estado fresco .....	69
4.4.3. Ensayos del concreto en estado endurecido .....	72
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información .....	76
4.5.1. Recolección de información bibliográfica y antecedentes del proyecto... 76	
4.5.2. Revisión de la normativa vigente .....	76
4.5.3. Origen de los materiales utilizados .....	77
4.5.4. Propiedades físico – mecánicas de los componentes para las probetas ... 79	
4.5.5. Diseño de mezclas .....	98

4.5.6.	Proceso de elaboración de las probetas .....	111
4.5.7.	Ensayos realizados al concreto .....	118
4.5.8.	Ensayos realizados a las probetas .....	124
4.5.9.	Costos para obtener las probetas .....	145
4.6.	Matriz de consistencia metodológica.....	150
<b>CAPÍTULO V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>151</b>
5.1.	Presentación, análisis, interpretación y discusión de resultados .....	151
5.1.1.	Propiedades físico – mecánicas de los componentes para las probetas .	151
5.1.2.	Ensayos realizados al concreto para las probetas .....	156
5.1.3.	Ensayos realizados a la probetas .....	157
5.1.4.	Costos .....	161
5.2.	Contrastación de la hipótesis .....	163
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>164</b>
<b>RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS .....</b>		<b>165</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>166</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>172</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Propiedades físicas y químicas de la cal hidratada</i> .....	40
<b>Tabla 2.</b> <i>Composición e información sobre los componentes</i> .....	41
<b>Tabla 3.</b> <i>Principales canteras de agregados en la provincia de Chota</i> .....	45
<b>Tabla 4.</b> <i>Principales caleras de la Provincia de Hualgayoc</i> .....	46
<b>Tabla 5.</b> <i>Cuadro de operacionalización de variables</i> .....	49
<b>Tabla 6.</b> <i>Número de probetas para ensayo de resistencia a la compresión</i> .....	52
<b>Tabla 7.</b> <i>Número de probetas para ensayo de Absorción</i> .....	52
<b>Tabla 8.</b> <i>Composición química del cemento</i> .....	79
<b>Tabla 9.</b> <i>Propiedades físicas del cemento</i> .....	79
<b>Tabla 10.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 01)</i> .....	80
<b>Tabla 11.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 02)</i> .....	80
<b>Tabla 12.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 03)</i> .....	82
<b>Tabla 13.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del contenido de humedad del agregado fino</i> .....	83
<b>Tabla 14.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis de la cantidad de finos que pasan la malla #200 del agregado fino</i> .....	84
<b>Tabla 15.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del peso específico del agregado fino</i>	85
<b>Tabla 16.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis de absorción del agregado fino</i> .....	86
<b>Tabla 17.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del peso unitario del agregado fino</i> ...	87
<b>Tabla 18.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 01)</i> .....	88

<b>Tabla 19.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 02)</i> .....	89
<b>Tabla 20.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 03)</i> .....	90
<b>Tabla 21.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	91
<b>Tabla 22.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis de la cantidad de finos que pasan la malla #200 del agregado grueso</i> .....	92
<b>Tabla 23.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del peso específico del agregado grueso</i> .....	93
<b>Tabla 24.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis de absorción del agregado grueso</i> .....	94
<b>Tabla 25.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis del peso unitario del agregado grueso</i> .....	95
<b>Tabla 26.</b> <i>Procesamiento de datos para el análisis de abrasión del agregado grueso</i> .....	96
<b>Tabla 27.</b> <i>Análisis químico de una muestra de Cal Hidratada</i> .....	97
<b>Tabla 28.</b> <i>Análisis físico de una muestra de Cal Hidratada</i> .....	97
<b>Tabla 29.</b> <i>Datos para ser utilizado en el diseño de mezclas</i> .....	98
<b>Tabla 30.</b> <i>Factores a considerar según la resistencia que se desee</i> .....	99
<b>Tabla 31.</b> <i>Factores que se debe tener en cuenta según la calidad</i> .....	100
<b>Tabla 32.</b> <i>Porcentaje de aire atrapado</i> .....	101
<b>Tabla 33.</b> <i>Slump recomendado para diversos tipos de obra</i> .....	102
<b>Tabla 34.</b> <i>Cantidad de agua aproximada para amasado</i> .....	103
<b>Tabla 35.</b> <i>Relación Agua/Cemento vs Resistencia del concreto</i> .....	104
<b>Tabla 36.</b> <i>Volumen del agregado grueso compactado en seco</i> .....	105
<b>Tabla 37.</b> <i>Presentación del diseño en estado seco</i> .....	107
<b>Tabla 38.</b> <i>Cálculo de la corrección por humedad, aporte de agua en la mezcla y agua efectiva</i> .....	108

<b>Tabla 39.</b> <i>Proporcionamiento para cada diseño</i> .....	109
<b>Tabla 40.</b> <i>Material requerido en cada caso</i> .....	110
<b>Tabla 41.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 0% de cal hidratada</i> .....	118
<b>Tabla 42.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 3% de cal hidratada</i> .....	119
<b>Tabla 43.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 5% de cal hidratada</i> .....	120
<b>Tabla 44.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 7% de cal hidratada</i> .....	121
<b>Tabla 45.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 10% de cal hidratada</i> .....	122
<b>Tabla 46.</b> <i>Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 15% de cal hidratada</i> .....	123
<b>Tabla 47.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	124
<b>Tabla 48.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	125
<b>Tabla 49.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	126
<b>Tabla 50.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	127
<b>Tabla 51.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	128
<b>Tabla 52.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 7 días)</i> .....	129
<b>Tabla 53.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	130

<b>Tabla 54.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	131
<b>Tabla 55.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	132
<b>Tabla 56.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	133
<b>Tabla 57.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	134
<b>Tabla 58.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 14 días)</i> .....	135
<b>Tabla 59.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	136
<b>Tabla 60.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	137
<b>Tabla 61.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	138
<b>Tabla 62.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	139
<b>Tabla 63.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	140
<b>Tabla 64.</b> <i>Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 28 días)</i> .....	141
<b>Tabla 65.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 0% de cal hidratada</i> .	142
<b>Tabla 66.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 3% de cal hidratada</i> .	142
<b>Tabla 67.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 5% de cal hidratada</i> .	143
<b>Tabla 68.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 7% de cal hidratada</i> .	143
<b>Tabla 69.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 10% de cal hidratada</i>	144

<b>Tabla 70.</b> <i>Procesamiento de datos de absorción del concreto con 15% de cal hidratada</i>	144
<b>Tabla 71.</b> <i>Costos de materiales para 1m<sup>3</sup> de concreto</i>	146
<b>Tabla 72.</b> <i>Costos de los materiales necesarios para la elaboración de probetas de acuerdo al porcentaje de adición de cal hidratada para los ensayos a compresión</i>	147
<b>Tabla 73.</b> <i>Costos de los materiales necesarios para la elaboración de probetas por porcentaje de adición de cal hidratada para los ensayos de absorción</i>	148
<b>Tabla 74.</b> <i>Costo de equipos y/o herramientas y mano de obra necesario para la elaboración de probetas</i>	149
<b>Tabla 75.</b> <i>Matriz de consistencia metodológica</i>	150
<b>Tabla 76.</b> <i>Resumen de los datos del agregado grueso</i>	151
<b>Tabla 77.</b> <i>Resumen de los datos del agregado fino</i>	153
<b>Tabla 78.</b> <i>Resumen de los datos del concreto fresco con diferentes adiciones de cal hidratada</i>	156
<b>Tabla 79.</b> <i>Comparación de resistencias a compresión de la probetas con diferentes porcentajes de adición de cal hidratada de acuerdo a la resistencia base</i>	157
<b>Tabla 80.</b> <i>Resumen de los datos de absorción de las probetas</i>	159
<b>Tabla 81.</b> <i>Resumen de los costos de los materiales para cada diseño y ensayos de las probetas a compresión</i>	161
<b>Tabla 82.</b> <i>Resumen de los costos de los materiales para cada diseño y obtención de las probetas para los ensayos de absorción</i>	162

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Análisis granulométrico de los agregados</i> .....	54
<b>Figura 2.</b> <i>Contenido de humedad del agregado</i> .....	56
<b>Figura 3.</b> <i>Peso específico de masa de los agregados</i> .....	59
<b>Figura 4.</b> <i>Grado de absorción del agregado fino</i> .....	62
<b>Figura 5.</b> <i>Peso volumétrico suelto de los agregados</i> .....	63
<b>Figura 6.</b> <i>Peso volumétrico compactado de los agregados</i> .....	65
<b>Figura 7.</b> <i>Degradación del Agregado Grueso</i> .....	67
<b>Figura 8.</b> <i>Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams</i> .....	69
<b>Figura 9.</b> <i>Ensayo del contenido de aire con la Olla Washington</i> .....	70
<b>Figura 10.</b> <i>Ensayo de probetas a la compresión</i> .....	72
<b>Figura 11.</b> <i>Colocación de especímenes en el recipiente para el ensayo respectivo</i> .....	74
<b>Figura 12.</b> <i>Proceso que se realizó de manera general para la obtención de Probetas con y sin adición</i> .....	76
<b>Figura 13.</b> <i>Lugar de procedencia del agregado fino</i> .....	77
<b>Figura 14.</b> <i>Lugar de procedencia del agregado grueso</i> .....	78
<b>Figura 15.</b> <i>Lugar de procedencia de la cal hidratada</i> .....	78
<b>Figura 16.</b> <i>Pesado de materiales</i> .....	111
<b>Figura 17.</b> <i>Colocación de los materiales al trompo</i> .....	111
<b>Figura 18.</b> <i>Colocación de la adición al trompo</i> .....	112
<b>Figura 19.</b> <i>Ensayo en la olla de Washington</i> .....	112
<b>Figura 20.</b> <i>Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams</i> .....	113
<b>Figura 21.</b> <i>Medición de la temperatura con el termómetro</i> .....	113
<b>Figura 22.</b> <i>Realizando el llenado de concreto a los respectivos moldes</i> .....	114
<b>Figura 23.</b> <i>Realización del desmolde respectivo de probetas</i> .....	115

<b>Figura 24.</b> <i>Enumeración de las probetas para la identificación correspondiente</i> .....	116
<b>Figura 25.</b> <i>Probetas en la poza de curado</i> .....	117
<b>Figura 26.</b> <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i> .....	152
<b>Figura 27.</b> <i>Curva granulométrica del agregado fino</i> .....	154
<b>Figura 28.</b> <i>Comparación de las curvas de esfuerzo a compresión vs tiempo</i> .....	158
<b>Figura 29.</b> <i>Comparación de las curvas de absorción vs tiempo</i> .....	160
<b>Figura 30.</b> <i>Mapas con la ubicación de los distintos lugares de donde se extrajo el agregado fino, agregado grueso y cal hidratada</i> .....	172
<b>Figura 31.</b> <i>Varillado para el ensayo de peso unitario variado del agregado grueso</i> .....	173
<b>Figura 32.</b> <i>Extracción del agregado grueso después de la saturación en agua para el ensayo de peso específico y absorción</i> .....	173
<b>Figura 33.</b> <i>Preparación del agregado fino para realizar el ensayo de peso específico y absorción.</i> .....	174
<b>Figura 34.</b> <i>Toma de temperatura de la muestra de agregado fino en el baño maría</i> .....	174
<b>Figura 35.</b> <i>Extracción del agregado grueso de la máquina los ángeles después de las 500 rpm</i> .....	175
<b>Figura 36.</b> <i>Tamizado del agregado grueso luego de la extracción de la máquina los ángeles</i> .....	175
<b>Figura 37.</b> <i>Cuardeado del agregado grueso para la realización de la granulometría</i> .....	176
<b>Figura 38.</b> <i>Granulometría del agregado grueso en el respectivo tamizador</i> .....	176
<b>Figura 39.</b> <i>Colocación de tamices para el ensayo de granulometría del agregado fino</i> ..	177
<b>Figura 40.</b> <i>Colocación de la muestra en el horno para realizar el respectivo secado</i> .....	177
<b>Figura 41.</b> <i>Probetas para la realización de ensayo del ritmo de absorción de agua del concreto</i> .....	178
<b>Figura 42.</b> <i>Rotura de probeta con 0% de adición ensayada a compresión</i> .....	178
<b>Figura 43.</b> <i>Rotura de probeta con 5% de adición ensayada a compresión</i> .....	179

<b>Figura 44.</b> <i>Rotura de probeta con 10% de adición ensayada a compresión.....</i>	179
<b>Figura 45.</b> <i>Rotura de probeta con 15% de adición ensayada a compresión.....</i>	180
<b>Figura 46.</b> <i>Obtención de la Cal Hidratada de la Calera el Zasal.....</i>	180

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1.</b> Para el cálculo del porcentaje retenido en agregados.....	30
<b>Fórmula 2.</b> Para el cálculo del módulo de fineza en agregados.....	31
<b>Fórmula 3.</b> Para el cálculo del contenido de humedad de los agregados.....	31
<b>Fórmula 4.</b> Para el cálculo de la cantidad de finos que pasan por la malla de 75 um en agregados.....	32
<b>Fórmula 5.</b> Para el cálculo del peso específico de masa del agregado grueso.....	32
<b>Fórmula 6.</b> Para el cálculo del peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado grueso.....	32
<b>Fórmula 7.</b> Para el cálculo del peso específico aparente del agregado grueso.....	33
<b>Fórmula 8.</b> Para el cálculo de la absorción del agregado grueso.....	33
<b>Fórmula 9.</b> Para el cálculo de la densidad seca en el horno del agregado fino.....	34
<b>Fórmula 10.</b> Para el cálculo de la densidad saturada superficialmente seca.....	34
<b>Fórmula 11.</b> Para el cálculo de la densidad aparente del agregado fino.....	34
<b>Fórmula 12.</b> Para el cálculo de la absorción del agregado fino.....	34
<b>Fórmula 13.</b> Para el cálculo del peso unitario en agregados.....	35
<b>Fórmula 14.</b> Para el cálculo de la cantidad de desgaste en el agregado grueso.....	35
<b>Fórmula 15.</b> Para el cálculo del peso unitario del concreto fresco.....	37
<b>Fórmula 16.</b> Para el cálculo de la resistencia a compresión de los adoquines de concreto..	38
<b>Fórmula 17.</b> Para el cálculo de la absorción del concreto.....	39
<b>Fórmula 18.</b> Determinación del $F'_{cr}$ en diseño de mezclas.....	99
<b>Fórmula 19.</b> Para calcular la desviación estándar en diseño de mezclas.....	99
<b>Fórmula 20.</b> Para calcular la desviación estándar en diseño de mezclas.....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACI: Método de diseño de mezcla, *American Concrete Institute*.

AF: Agregado fino.

AG: Agregado grueso.

ASTM: Estándares ASTM, *American Society for Testing and Materials*.

QUIMINSA: Químicos Industriales Asociados.

MF: Módulo de finura.

NTP: Normas Técnicas Peruanas.

TMN: Tamaño Máximo Nominal.

V.D: Variable dependiente.

V.I: Variable independiente.

## **RESUMEN**

La presente investigación trata del estudio del concreto utilizando cal hidratada como adición y analizar el comportamiento tanto físico como mecánico del concreto. Se estudia el uso de la cal hidratada como sustituto parcial del cemento en diferentes proporciones (3%, 5%, 7%, 10% y 15%), la cual nos permite ahorrar económicamente ya que se está reduciendo el cemento. Se investiga la influencia de cal hidratada en el concreto fresco, su resistencia y ritmo de absorción de agua en el concreto endurecido, hallando la proporción óptima en el diseño de mezclas. Con esta investigación se procura conocer la proporción óptima de adición de cal hidratada en la elaboración del concreto y diseño de mezclas a partir de un concreto convencional.

Palabras clave: Probeta, agregado, cal hidratada, curado y absorción.

## **ABSTRACT**

The present investigation deals with the study of concrete using hydrated lime as an addition and analyze the physical and mechanical behavior of concrete. The use of hydrated lime as a partial substitute for cement is studied in different proportions (3%, 5%, 7%, 10% and 15%), which allows us to save economically since cement is being reduced. The influence of hydrated lime in fresh concrete, its resistance and rate of water absorption in hardened concrete is investigated, finding the optimal proportion in the design of mixtures. This research seeks to know the optimal proportion of hydrated lime addition in the preparation of concrete and design of mixtures from a conventional concrete.

Keywords: Test tube, aggregate, hydrated lime, curing and absorption.

## **CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial uno de los materiales más utilizados en la construcción es el concreto. La gran mayoría de infraestructuras y edificaciones están construidas con este material. Al tener en cuenta la importancia que tiene dicho material y sus tecnologías, las investigaciones relacionadas con el concreto sobrepasan el campo de la arquitectura e ingeniería que tienen fuertes influencias socioeconómicas que también relacionan con el cuidado del medio ambiente (Valdés, 2017).

En Latinoamérica, la industria del cemento se inicia a principios del siglo XX, teniendo su auge en los años 30, para después decaer debido a la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, Latinoamérica se ha convertido en una región con un gran potencial en construcción de infraestructuras; por lo tanto, la demanda del cemento se ha ido incrementando en las últimas décadas (Díaz, 2012).

En el Perú pasa algo parecido. A causa del gran empleo del concreto en los diferentes campos de la ingeniería, el costo del cemento y materiales que componen el concreto constituyen como el de mayor afectación en el presupuesto de las obras (Pacco, 2016).

En la Región Cajamarca la industria de la cal es una excelente oportunidad de desarrollo, dado a que la minería es el principal consumidor de dicho producto, para el 2015 la cal está abastecida por las mineras de Yanacocha, Gold Fields, Tantahuatay, también por Cementos Pacasmayo, y por productores artesanales de la región. Solo Yanacocha produce cal a nivel industrial para su consumo el 30% de la demanda; el otro 30% es cubierto por la región La Libertad de Cementos Pacasmayo y el 40% es cubierto por productores artesanales

de la región Cajamarca. Los planes de inversiones de las mineras en el Perú superarán los \$ 53'229,000 en los siguientes 10 años, de los cuales el 17% estará en la región Cajamarca, demandando cal alrededor de 275,865 t.año<sup>-1</sup> (Chávez *et al.*, 2015).

La cal es un material que más se ha empleado por el ser humano en el transcurso del tiempo, utilizado en la construcción y producción de alimentos. Es un compuesto natural indispensable para la preparación de mortero de cal con características compatibles con diversos materiales a lo largo de la historia de la construcción. Históricamente, la cal fue empleado en extraordinarias construcciones las cuales son conocidas por su resistencia y solidez a lo largo del tiempo, como Las Pirámides de Egipto, La Vía Apia, La Muralla China, las Pirámides de Teotihuacán, El Coliseo Romano y las del área Maya o las antiguas construcciones Toltecas (Soledad *et al.*, 2017).

Debido a lo mencionado surgió la inquietud de retomar el estudio de experimentación, para poder realizar mejoras en la calidad del concreto tanto en sus propiedades físicas como mecánicas, frente a los diversos vacíos que aún persiste hoy en día en la construcción y de esta manera brindar algunas alternativas de solución, al remplazar parcialmente cal hidratada por cemento portland tipo I para poder darle una mejor importancia en su aplicación, ya que este material es muy abundante en el Perú, el cual tiene una intensiva producción en las diversas regiones del territorio peruano.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los resultados de la evaluación del concreto para edificaciones adicionando cal hidratada?

## **1.3. Justificación e importancia**

### **a. En el aspecto ambiental**

El uso alternativo de cal hidratada como sustitución parcial de cemento para el concreto, es beneficioso porque disminuye la cantidad de cemento; por lo tanto, hay reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> producidos por la fabricación de este producto que causa un impacto negativo en el medio ambiente.

### **b. En el aspecto económico**

Al disminuir la cantidad de cemento en la elaboración de concreto se está disminuyendo el costo, ya que la cal hidratada es un mineral de bajo costo en el mercado de producción, de esta manera se está promoviendo a la creación de más centros productores de cal en la provincia de Chota, región Cajamarca y en el Perú, generando un mayor ingreso económico para dichos proveedores.

### **c. En el aspecto técnico**

La cal hidratada debe ser empleado en la construcción de obras de infraestructura en la provincia de Chota, la cual es una alternativa de solución el aplicar este mineral para mejorar las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto siendo la proporción óptima para el diseño el 5% de adición de cal hidratada, aumentando la resistencia a la compresión y al mismo tiempo reduciendo el ritmo de absorción, en la cual se reduce el

porcentaje de vacíos y poros, de esta manera se evita la penetración de agua y algunas sales disueltas en el concreto.

#### **d. En el aspecto social**

Al utilizar la cal hidratada y sustituir parte del cemento se está mejorando y dando solución a algunos problemas presentados en obras de infraestructura en el campo de la construcción favoreciendo a la sociedad entera.

#### **e. En el aspecto científico**

Se considera necesario hacer un estudio a fondo sobre la sustitución parcial de cal hidratada para el concreto, ya que existe algunos vacíos en el campo de la construcción la cual se desea incrementar o modificar el conocimiento científico, apoyándose en algunas teorías ya establecidas y que han sido de gran aporte a la comunidad científica.

### **1.4. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en la Universidad Nacional Autónoma de Chota, con la realización de cada uno de los ensayos en el laboratorio de ensayo de los materiales y parte de ellos en el laboratorio INGECONSULT & LAB S.R.L. del Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estraver en la Provincia de Cajamarca.

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en los meses de octubre del 2019 hasta marzo del año 2021.

### **1.5. Limitaciones**

Esta investigación se limita solo al análisis de las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto con los distintos porcentajes de adición de cal hidratada para un total

de 66 probetas para realizar las respectivas comparaciones a partir de un concreto patrón.

El desarrollo de la investigación fue realizada apoyándose en los fundamentos teóricos de investigadores y normas como la NTP, ASTM Y ACI.

El agregado grueso solo se empleó de la cantera Cuyumalca y el agregado fino de la cantera de Conchán, con respecto a la cal hidratada solo se utilizó de la calera El Zasal del distrito de Bambamarca y el cemento empleado fue el Portland Tipo I.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

- Evaluar el concreto para edificaciones adicionando cal hidratada a fin de sustituir parcialmente el porcentaje del cemento.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las propiedades de resistencia y absorción del concreto simple al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por cal hidratada al 3%, 5%, 7%, 10% y 15% con la finalidad de comparar con un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar la proporción óptima de cal hidratada para la obtención de un concreto de buena calidad.
- Cuantificar sus propiedades y características principales del concreto, realizando ensayos en estado endurecido con la finalidad de encontrar su variación con un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Comparar técnica y económicamente el concreto adicionando cal hidratada y el concreto convencional, a fin de conocer los parámetros de variación.

## **CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO**

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

Calabuig (2015), en su investigación “Efecto de la adición de cal en las propiedades mecánicas y durabilidad de hormigones con altos contenidos en cenizas volantes silíceas”, indica que al sustituir 50% de cemento portland (CP) por ceniza volante silícea (CV), adicionando cal hidratada (CL) en una relación  $CL/CV=0,20$ , los resultados revelan que, en sistemas simples de CP y ausentes de otros finos, la cal hidratada trabaja como un fino inerte, de una manera parecida a los finos calizos, mejorando así la resistencia mecánica a un corto plazo. En estos sistemas, cuando están saturados de finos, la adición de CL, supuestamente no produce ningún efecto sobre la resistencia mecánica. En sistemas binarios CP: CV ( $CP/CV=1$ ), la CL ha mejorado siempre la resistencia mecánica en todas las edades.

Lorca (2014), en su investigación “Efecto de la adición de hidróxido cálcico sobre mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza volante”, menciona los beneficios de la adición de  $Ca(OH)_2$  con remplazo de alto contenido de dicho material por ceniza volante, con el objetivo de valorizar en una mayor medida las cenizas volantes a través de sistemas ternarios, cemento portland - ceniza volante - hidróxido cálcico (C-CV-HC). En sus resultados muestra que la adición de HC en mezclas que sustituyen altos volúmenes de cemento Portland por ceniza volante crea una microestructura más compacta y densa, con mayor reserva alcalina y además produce una mejora tanto en sus propiedades mecánicas y durabilidad.

Montalván (2017), en su investigación “Propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con aditivo plastificante y cal hidratada al 40%, 50% y 60%”, utilizando cemento

Portland tipo I, indica las modificaciones que experimentan sus propiedades al emplear aditivo plastificante ULMEN (SH<sub>3</sub> adicinante a cementos) con porcentajes de 40%, 50% y 60% de cal hidratada, con respecto a la resistencia a tracción por compresión diametral a los 28 días de edad los concretos con porcentajes de cal (40%, 50% y 60%) con respecto al peso de cemento existe una disminución; por lo tanto, menciona que no se evidencia una tendencia proporcional a medida que se aumenta el porcentaje de cal. Para algunos casos disminuye entre 10% y 15%, en otros casos entre 30% y 40% y en un relación a/c 0.70, más 40% de cal hidratada se produce un incremento de 15.29% para posteriormente disminuir en 22.13% y 21.30%, para el 50% y 60% de cal. Con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto al incluir aditivo plastificante para la relación a/c 0.60 aumenta en: 16.9%, para una relación a/c 0.65 aumenta en: 3.1%, y para la relación a/c 0.70 el aumento es de 5.2%.

Pacco (2016), en su investigación “Efecto de la adición de cal en la resistencia a la compresión de un concreto”, menciona que la adición de cal al concreto permite el ahorro económico ya que se reduce la cantidad de cemento y los cambios que experimenta por la adición de dicho material. El autor estudia la influencia de la cal y el comportamiento mecánico y resistencia de los concretos al sustituir parte del cemento por cal en proporciones de 5%, 10% y 15%. En su investigación el autor sostiene que la adición de cal al 5% es aceptable y cambia la resistencia del concreto en límites aceptables, por lo que puede ser empleado a fin de reducir los costos ante la adquisición de cemento portland.

Durand (2017), en su investigación “Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017”, al adicionar los porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3%, 4%,

5%, y 6%, menciona que el porcentaje óptimo es del 4%, para poder mejorar las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, obteniendo una mezcla plástica y al mismo tiempo trabajable, asimismo, presentó una absorción de 1.54%.

## **2.1. Marco teórico**

### **2.1.1. Cemento portland (NTP 334.009)**

La NTP 334.009 (2019) lo define como un cemento hidráulico obtenido mediante la pulverización del Clinker que está compuesto principalmente de silicatos, calcio hidráulico y que contiene esencialmente sulfato de calcio y en algunos casos caliza como adición durante la molienda.

También establece los requisitos que tiene que cumplir los seis tipos de cementos portland que a continuación se detalla:

Tipo I: Para uso general y que no requiera de propiedades especiales especificadas para obtener otro tipo.

Tipo II: Para uso general, específicamente cuando se desea controlar la resistencia a los sulfatos.

Tipo III: Es empleado cuando se desea obtener resistencias iniciales altas.

Tipo IV: Se emplea para obtener bajo calor de hidratación.

Tipo V: Es utilizado cuando se desea obtener alta resistencia ante los sulfatos.

A diferencia del yeso, el cemento rara vez se utiliza solo, su uso habitual es en combinación con otros materiales, especialmente con áridos para formar morteros y hormigón. Combinado con agua, el cemento empieza a fraguar, para luego endurecer tanto

al aire libre como sumergido en agua. Se trata, por lo tanto, de un conglomerante hidráulico. El más utilizado y conocido de todos los cementos es el cemento portland (Sanjuán & Servando, s/f).

De cada uno de los conglomerantes hidráulicos, el cemento portland y también sus diferentes derivados son los más utilizados en la construcción ya que está constituido principalmente por mezclas de caliza, yeso y arcilla, los cuales abundan en la naturaleza (Polanco & Setién s/f).

### **2.1.2. Cemento portland con adiciones (NTP 334.090)**

La NTP 334.090 (2019) establece los requisitos que deben cumplir los cementos portland con adiciones, sus aplicaciones generales y especiales, en la cual se puede utilizar puzolana, escoria, caliza y también alguna combinación de ellas, con cemento portland, clinker de cemento portland o escoria con cal.

### **2.1.3. Agregados para el concreto (NTP 400.037)**

La NTP 400.037 (2018) lo define como el conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y que las dimensiones están comprendidas entre los límites establecidos por la mencionada norma, se le conoce también como áridos, además menciona los requisitos de gradación (granulometría) y la calidad de los distintos agregados fino como grueso para uso en hormigones (concretos) de peso normal.

A continuación, se presenta algunas definiciones según la NTP 400.037 (2018)

- a. Agregado fino.** Es el agregado que resulta de la desintegración artificial o natural, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 in.) y al que al mismo tiempo queda retenido en el

tamiz normalizado 74 µm (N° 200); que deberá cumplir con los límites ya establecidos en la mencionada norma.

**b. Agregado grueso.** Es el agregado que se retiene en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración mecánica o natural de la roca, y que cumple con los límites ya establecidos en la mencionada Norma.

**c. Tamaño máximo.** Es aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

**d. Tamaño máximo nominal.** Es aquel que pertenece al menor tamiz de la serie utilizada que origina el primer retenido entre 5 % y 10 %.

#### **2.1.4. Análisis granulométrico de agregado fino y grueso (NTP 400.012)**

La NTP 400.012 (2018) sostiene que dicha norma puede ser aplicada para determinar la gradación para su uso como agregados. Cada uno de los resultados serán empleados para establecer el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas que exige las especificaciones técnicas de las diferentes obras y proporcionar los datos para el control de la producción de agregados de las diferentes canteras de donde serán obtenidas.

Para el cálculo del porcentaje retenido en agregados:

$$Pr = \frac{Mi}{Mt} \qquad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

Pr: Porcentaje retenido (%)

Mi: Muestra retenida en cada tamiz (g)

Mt: Muestra total después de tamizado (g)

Para el cálculo del módulo de fineza en agregados:

$$Mf = \frac{\sum \text{de cada porcentaje retenido acumulado en cada tamiz}}{100} \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde:

Mf: Módulo de fineza

### **2.1.5. Contenido de humedad (NTP 339.185)**

La NTP 339.185 (2018) menciona el procedimiento para poder determinar el porcentaje total de humedad evaporable de una muestra de agregado fino o grueso por secado. Además sostiene que la humedad evaporable incluye también la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado.

Para el cálculo del contenido de humedad de los agregados:

$$P = \frac{100(W - D)}{D} \quad \text{Fórmula 3}$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)

W: Masa original de la muestra húmeda (g)

D: Masa de la muestra seca (g)

### **2.1.6. Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en el agregado grueso y fino (NTP 400.018)**

La NTP 400.018 (2018) fija el procedimiento para poder determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) en los agregados a emplearse en la fabricación del concreto y morteros. Durante el ensayo las

partículas de arcilla y otras sustancias que son esparcidas por el agua, así como también los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado.

Para el cálculo de la cantidad de finos que pasan por la malla de 75 µm en agregados:

$$P = \frac{100(P1 - P2)}{P1} \quad \text{Fórmula 4}$$

Donde:

P: Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) por vía húmeda

P1: Peso seco de la muestra original (g)

P2: Peso seco de la muestra ensayada (g)

#### **2.1.7. Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)**

La NTP 400.021 (2018) fija un procedimiento para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso pasado las 24 horas. El ensayo de peso específico saturado con superficie seca y la absorción se realiza con agregados o con muestras remojadas en agua después de 24 horas.

Para el cálculo del peso específico de masa del agregado grueso:

$$p_{em} = \frac{A}{B - C} * D \quad \text{Fórmula 5}$$

Para el cálculo del peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado grueso:

$$Pe_{SSS} = \frac{B}{B - C} * D \quad \text{Fórmula 6}$$

Para el cálculo del peso específico aparente del agregado grueso:

$$Pe_a = \frac{A}{A - C} * D \quad \text{Fórmula 7}$$

Para el cálculo de la absorción del agregado grueso:

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100 \quad \text{Fórmula 8}$$

Donde:

Pe<sub>m</sub>: Peso específico de masa (g/cm<sup>3</sup>)

Pe<sub>SSS</sub>: Peso específico de masa saturada con superficie seca (g/cm<sup>3</sup>)

Pe<sub>a</sub>: Peso específico aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Ab: Absorción (%)

A: Peso de la muestra seca en el aire (g)

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g)

C: Peso en el agua de la muestra saturada (g)

D: Densidad del agua (g/cm<sup>3</sup>)

### **2.1.8. Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022)**

La NTP 400.022 (2018) establece un procedimiento para establecer la densidad promedio de partículas de agregado fino (no se incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

Para el cálculo de la densidad seca en el horno del agregado fino:

$$DS = \frac{A}{B + S - C} * D \quad \text{Fórmula 9}$$

Para el cálculo de la densidad saturada superficialmente seca del agregado fino:

$$DeSSS = \frac{S}{B + S - C} * D \quad \text{Fórmula 10}$$

Para el cálculo de la densidad aparente del agregado fino:

$$Dea = \frac{A}{B + A - C} * D \quad \text{Fórmula 11}$$

Para el cálculo de la absorción del agregado fino:

$$Ab = \frac{S - A}{A} * 100 \quad \text{Fórmula 12}$$

Donde:

DS: Densidad seca en el horno ( $\text{g/cm}^3$ )

DeSSS: Densidad saturada superficialmente seca ( $\text{g/cm}^3$ )

Dea: Densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ )

Ab: Absorción (%)

A: Peso de la muestra seca en el horno (g)

B: Peso de la fiola que es llenado con agua hasta la marca de calibración (g)

C: Peso de la fiola lleno de la muestra y de agua hasta la marca de calibración (g)

S: Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (g)

D: Densidad del agua ( $\text{g/cm}^3$ )

### **2.1.9. Masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017)**

La NTP 400.017 (2016) establece un procedimiento para obtener la densidad de masa (Peso unitario) del agregado tanto suelto como compactado, además calcula los vacíos que existe entre partículas en los agregados finos y gruesos. Este método de ensayo se aplica a los distintos agregados que no pasen de los 125 mm como tamaño nominal máximo.

Para el cálculo del peso unitario en agregados:

$$M = \frac{G}{V} \quad \text{Fórmula 13}$$

Donde:

M: Densidad de masa del agregado (kg/m<sup>3</sup>)

G: Peso del material (kg)

V: Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

### **2.1.10. Resistencia a la degradación en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019)**

La NTP 400.019 (2014) establece el procedimiento para el ensayo de los agregados gruesos de tamaño menores que 37.5 mm (1 ½ pulg) para así determinar la resistencia a la degradación, para dicho procedimiento se utiliza la máquina de Los Ángeles.

Para el cálculo de la cantidad de desgaste en el agregado grueso:

$$P = \frac{100 * M_f}{M_i} \quad \text{Fórmula 14}$$

Donde:

P: Pérdida (%)

Mi: Muestra inicial después de secado (g)

Mf: Muestra seca que pasa el tamiz N° 12, después del lavado (g)

#### **2.1.11. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035)**

La NTP 339.035 (2015) establece el procedimiento para la determinación del asentamiento del concreto en estado fresco en el laboratorio como también en el campo en cada una de las obras que se realiza.

#### **2.1.12. Densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (NTP 339.046)**

La NTP 339.046 (2019) establece un procedimiento de un ensayo para determinar la densidad del concreto fresco y proporciona fórmulas para el cálculo del rendimiento, contenido de cemento y también el contenido de aire. El rendimiento se puede define como el volumen de concreto que produce una mezcla de cantidades ya conocidas de los distintos materiales que lo componen.

Para el cálculo del peso unitario del concreto fresco:

$$PU = \frac{M}{V} \qquad \text{Fórmula 15}$$

Donde:

PU: Peso Unitario (kg/m<sup>3</sup>)

M: Masa del concreto (kg)

V: Volumen del molde (m<sup>3</sup>)

#### **2.1.13. Contenido del aire del concreto fresco (NTP 339.081)**

La NTP 339.081 (2018) establece un método de ensayo para poder determinar el contenido de aire del concreto en estado fresco.

#### **2.1.14. Tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración (NTP 339.082)**

La NTP 339.082 (2018) establece un método para la determinación del fraguado de concreto, con revestimiento que sea mayor a cero, mediante la medida de la resistencia a la penetración de un mortero tamizado del concreto. Este método solo se empleará cuando el ensayo sobre la fracción de mortero nos preste la información requerida. Este ensayo se puede aplicar también para mezclas de morteros preparados y lechadas (grout). También es aplicable este método de ensayo bajo condiciones controladas de laboratorio, y también en obra.

#### **2.1.15. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland (Norma NTP 339.088)**

El agua es un elemento imprescindible para la elaboración, fraguado y también curado del concreto, por lo tanto se debe trabajar con aquella que esté completamente libre de contaminantes que puedan afectar dichos procesos.

La NTP 339.088 (2015) establece los requisitos de composición del agua utilizada para la mezcla para la elaboración de concreto, dicha norma establece los requisitos y la frecuencia de ensayos para la evaluación de las distintas fuentes de agua a ser utilizadas.

### **2.1.16. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)**

La NTP 339.183 (2018) establece el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo un control muy riguroso de los distintos materiales y las condiciones de ensayo, con los concretos que pueden ser consolidados tanto por varillado como vibrado tal como menciona dicha norma.

### **2.1.17. Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034)**

La NTP 339.034 (2015) establece la determinación de la resistencia sometida a la compresión de probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto. Dicha norma se aplica a concretos con pesos unitarios que sean mayores de 800 kg/m<sup>3</sup>.

Para el cálculo de la resistencia sometida a la compresión de las probetas de concreto:

$$R = \frac{C}{A} \qquad \text{Fórmula 16}$$

Donde:

R: Resistencia sometida a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)

C: Carga máxima de rotura indicada por la máquina aplicadora de carga (kgf)

A: Área de la base de la probeta (cm<sup>2</sup>)

### **2.1.18. Absorción del concreto (ASTM C 1585 - 04)**

La ASTM C 1585 (2004) sostiene un método de ensayo y procedimiento para determinar el ritmo de absorción de agua en el concreto llamado también sorptividad, midiendo el aumento de masa de la probeta ensayada, como resultado de la absorción de agua en función del tiempo al ser expuesta al agua una superficie de la probeta. La superficie de

la probeta se sumerge en agua y dependiendo del tiempo el agua ingresa al concreto no saturado dominado por la succión capilar durante el contacto inicial con el agua.

Para el cálculo de la absorción del concreto:

$$I = \frac{mt}{a/d} \quad \text{Fórmula 17}$$

Donde:

I: Absorción

mt: Cambio en la masa de las probetas en gramos, al momento t

a: Área expuesta de la probeta, en mm<sup>2</sup>

d: Densidad del agua en g/mm<sup>3</sup>

### **2.1.19. Mineral cal**

La cal, también llamada cal viva, es uno de los primeros conglomerantes que fue descubierto por el hombre, la cual se han encontrado rastros de su empleo en los yacimientos con más de 10.000 años de antigüedad, y que hasta los principios del siglo XX fue el principal conglomerante utilizado en las distintas construcciones (Usedo, 2015).

La cal es un óxido de calcio (CaO) que es obtenida de la calcinación de roca caliza, su proceso de elaboración consiste en hacer maleable dicho material que en su forma natural no lo es. Se empieza con la extracción de rocas calizas en las distintas canteras, para luego quemarlas a elevadas temperaturas, dando como resultado la cal viva. Ésta al mezclarla con agua se obtiene la cal apagada o hidratada (Ca (OH)<sub>2</sub>) y de esta forma darle el uso para lo que se requiera (Palma, 2009).

### 2.1.20. Cal hidratada

Según CALCO (2017) sostiene que la cal hidratada o hidróxido de calcio, es un compuesto inorgánico con la fórmula química  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Se trata de un polvo blanco, que resulta de la hidratación de la cal viva con agua para satisfacer su afinidad química. (p.01)

#### 2.1.20.1. Propiedades físicas y químicas de la cal hidratada

**Tabla 1**

*Propiedades físicas y químicas de la cal hidratada*

<b>Propiedades físicas y químicas</b>	
Estado	Sólido
Apariencia y color	Polvo blanco
PH	12 – 13 en solución saturada a 25°C
Temperatura de descomposición	580°C
Peligro de fuego o explosión	No posee
Velocidad de propagación de llama	No aplica
Presión de vapor a 20°C	No volátil
Densidad de vapor	No aplica
Densidad real	2200 Kg/m <sup>3</sup> a 20°C
Densidad aparente	0,3 a 0,6 kg/l
Punto de ebullición	> 1000 °C

*Fuente:* QUIMINSA (2018, p. 4).

### 2.1.20.2. Composición e información sobre los componentes de la cal hidratada

Según QUIMINSA (2018) sostiene que la cal hidratada es una sustancia de un solo componente, Hidróxido de Calcio, con pequeños porcentajes de  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$  y  $CaCO_3$ , que procede de la materia prima de carácter natural que es la caliza. En la siguiente tabla se discrimina los valores de los porcentajes en una muestra obtenido por mezcla de cal viva con agua.

**Tabla 2**

*Composición e información sobre los componentes*

<b>Constituyente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Especificación</b>
$Ca(OH)_2$ Total	% m/m	92 Min.
$Ca(OH)_2$ Disponible	% m/m	85 – 95
$Fe_2O_3$	% m/m	0.5 Máx.
$Al_2O_3$	% m/m	0.5 Máx.
$MgO$	% m/m	2.0 Máx.
$SiO_2$	% m/m	1.0 Máx.
$CaCO_3$	% m/m	1.0 Máx.

*Fuente: QUIMINSA (2018, p. 2).*

### 2.1.20.3. Estabilidad y reactividad de la cal hidratada

Según QUIMINSA (2018) indica que es un producto estable a una temperatura ambiente y que reacciona lentamente con el dióxido de carbono, carbonato cálcico y magnésico, además indica que el producto se debe mantener seco hasta que se use. Además, indica que dicho material tiene reacción exotérmica con los ácidos para formar sales de calcio.

#### **2.1.20.4. Manejo y almacenamiento de la cal hidratada**

QUIMINSA (2018), menciona que se debe manipular y almacenar el material con buena ventilación natural si es posible utilizando el equipo de protección adecuado, se debe almacenar en lugar ventilado y libre de humedad, separado de sustancias incompatibles como los ácidos y para su embalaje se debe utilizar silos y sacos con capa interior de polietileno o empaques de papel.

Además CALCO (2017) menciona que el producto se debe almacenar lejos de los ácidos, de cantidades importantes de papel y paja y compuestos nitrogenados, se debe arrumar sobre pallets como máximo 20 sacos de altura, y así evitar derrumbes y mucha presión en las filas inferiores, finalmente indica que el producto puede permanecer inalterable hasta 6 meses, una vez que pasa este tiempo empiezan a cambiar sus propiedades químicas y físicas.

#### **2.1.20.5. Identificación de peligros con el Medio Ambiente**

QUIMINSA (2018), afirma: dado que la cal hidratada es un producto degradable en el tiempo debido a que con la presencia de humedad y con la absorción del anhídrido carbónico se transforma en carbonato de calcio, y este puede ser utilizada para estabilizar suelos arcillosos; por lo tanto, no presenta peligros para el medio ambiente.

#### **2.1.20.6. Uso y aplicaciones**

Según CALCO (2017) menciona que la cal hidratada tiene los siguientes usos y aplicaciones que a continuación se detalla:

- Tratamientos de las agua residuales
- Potabilización de las aguas
- Ajuste del ph en agua y los suelos

- Tratamiento de los gases
- Para curtir pieles o cuero
- En la producción de azúcar
- Para la estabilización de suelos arcillosos
- En la albañilería y construcción
- Tratamiento de la materia orgánica y también como fertilizante
- Producción de distintos químicos como: óxido de propileno, carbonato de sodio y glicerina
- En la medicina es utilizado como antiácido
- Procesos de la conservación de diferentes alimentos, específicamente en las cámaras de refrigeración

#### **2.1.20.7. Fabricación de cal hidratada**

La materia prima para la producción (piedra caliza) se la extrae de canteras, estas son transportadas y depositadas a la intemperie ya en las instalaciones de la planta, estas son tratadas manualmente por medio de los obreros tratando de disminuir el diámetro y conseguir uniformidad para posteriormente descargarlas en el horno, aquí se alcanza una temperatura promedio de  $900 \pm 10$  °C. Al culminar la cocción se procede a el enfriamiento de la piedra calcinada o cal viva, se almacena y posteriormente se realiza su hidratación al 30% con la adición de agua, produciéndose la reacción exotérmica y por ende la obtención de la cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), esta se procesa a su estabilización y enfriamiento por molienda y tamizado o dependiendo del tipo de producto y demanda que se requiera. Por último, es empacado y distribuido (Valdivieso, 2012).

## **2.1.21. Concreto líquido o grout**

### **2.1.21.1. Definición**

Según la Norma Técnica E.070 Albañilería, el concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida y resulta de combinar cemento, agregados y agua, que se puede adicionar cal hidratada normalizada que no exceda de 1/10 del volumen de cemento para que no disminuya la resistencia o pueda originar corrosión del acero. Dicho concreto es empleado para rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en las construcciones de muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.

Para la fabricación de concreto líquido o grout de albañilería, se tiene que tener en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

## **2.1.22. Canteras de agregado fino y grueso**

Son lugares donde se realiza explotaciones de materiales de construcción como agregado fino y agregado grueso, dichos lugares de explotación generalmente se realiza es a cielo abierto.

**Tabla 3**

*Principales canteras de agregados en la provincia de Chota*

<b>Principales Canteras de la Provincia de Chota</b>	<b>Agregado</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>
Cantera de Conchán	Fino	Chota	Chonchán
Cantera el Suro	Grueso	Chota	Chota
Cantera de Cañafisto	Grueso	Chota	Chota
Cantera Río Chotano	Grueso	Chota	Chota
Cantero del Yaucano	Grueso	Chota	Chota
Cantera de Cuyumalca	Grueso	Chota	Chota
Cantera de Coplatuapampa	Grueso	Chota	Chota
Cantera de Negropampa	Grueso	Chota	Chota

### **2.1.23. Caleras**

Según el Museo Comarcal de Daniel (2013) las caleras son de tipo cuba (cilíndricos), muchas veces parte de ellos están excavados en el suelo para evitar la pérdida de calor. Su construcción se realiza por lo general empleando mampuestos de rocas y se recubre el interior con arcilla.

**Tabla 4**

*Principales caleras de la Provincia de Hualgayoc*

<b>Principales Caleras de la Provincia de Hualgayoc</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>
Calera el Zasal	Hualgayoc	Bambamarca
Calera Bendición de Dios	Hualgayoc	Bambamarca
Calera el Calimán	Hualgayoc	Bambamarca
Calera Bambamarca	Hualgayoc	Bambamarca
Calera Resurrección	Hualgayoc	Bambamarca

#### **2.1.24. Método del comité American Concrete Institute (ACI)**

Este método muestra los pasos para desarrollar y elaborar un diseño de mezclas de esta manera nos permite seleccionar las proporciones más convenientes. Además, esta norma detalla dos métodos para realizar las mezclas como son: Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario y también basado en el cálculo del volumen absoluto que es ocupado por los componentes del concreto Comité 211 ACI (2002).

## **2.2. Definición de términos**

### **2.2.1. Diseño de mezclas**

Es la determinación de la combinación más práctica y al mismo tiempo más económica de agregados, cemento, agua y en algunos casos aditivos, con el fin de realizar una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al momento de endurecer, este adquiera las características de resistencia y también durabilidad necesarias de acuerdo al tipo de construcción a realizarse (Rrivera, s/f).

### **2.2.2. Calor de hidratación**

Según ASOCEM (2013) es la cantidad de calor que se produce durante los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento debido a las distintas reacciones fisicoquímicas.

### **2.2.3. Cemento hidráulico**

Según ASOCEM (2013) menciona que es un cemento que, al adicionar una determinada cantidad de agua, forma una pasta conglomerante que es capaz de endurecer y formar hidratos, tanto bajo el agua como al aire libre.

### **2.2.4. Agregado**

Según la NTP 400.011 (2018) lo define como el conjunto de partículas de origen ya sea natural como artificial, estas pueden ser tratadas o elaboradas, y las dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por dicha norma.

### **2.2.5. Curva granulométrica**

Según la NTP 400.011 (2018) lo define como la representación gráfica de la granulometría que presenta una visión objetiva de la distribución de los distintos tamaños del agregado. Se obtiene colocando en las abscisas los logaritmos de las aberturas de los distintos tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que vienen hacer los retenidos acumulados.

### **2.2.6. Aditivo**

La NTP 339.047 (2015) sostiene que es un material diferente al agua, agregados, materiales cementosos hidráulicos, que al ser usado como ingrediente de una mezcla de cemento modifican algunas de las propiedades, como su fraguado o endurecimiento y que se puede añadir antes o durante su mezclado.

## **CAPÍTULO III.- PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **3.1. Hipótesis**

La adición de cal hidratada en proporciones de 3%, 5%,7%, 10% y 15% optimizará el comportamiento físico-mecánico con respecto a un concreto tradicional para edificaciones.

### **3.2. Variables**

#### **3.2.1. Variable independiente**

- Cal hidratada

#### **3.2.2. Variable dependiente**

- Concreto para edificaciones

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Cuadro de operacionalización de variables*

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ÍNDICE
<b>V.I.</b> Cal hidratada	Propiedades físicas	Granulometría	Curva granulométrica	Porcentaje (%)
		Abrasión	Máquina los ángeles	Porcentaje (%)
		Contenido de humedad	Balanza y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Material que pasa la malla # 200	Balanza y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Peso específico y absorción	Balanza y fichas técnicas	g/cm <sup>3</sup> y (%)
		Peso unitario	Balanza y fichas técnicas	kg/m <sup>3</sup>
<b>V.D.</b> Concreto para edificaciones	Diseño de mezcla convencional	Agregado fino	Tamices y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Agregado grueso	Tamices y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Agua	Certificado de calidad	m <sup>3</sup>
		Cemento	Certificado de calidad	Bolsa/kg

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ÍNDICE
V.D. Concreto para edificaciones	Diseño de mezcla con cal hidratada	Agregado fino	Tamices y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Agregado grueso	Tamices y fichas técnicas	Porcentaje (%)
		Cal hidratada	Certificado de calidad	Porcentaje (%)
		Agua	Certificado de calidad	m <sup>3</sup>
		Cemento	Certificado de calidad	Bolsa/kg
	Ensayos de concreto tradicional	Ensayos de compresión	Prensa hidráulica	kg/cm <sup>2</sup>
		Ensayos de absorción	Fichas técnicas	Porcentaje (%)
	Ensayos de concreto con cal hidratada	Ensayos de compresión	Prensa hidráulica	kg/cm <sup>2</sup>
		Ensayos de absorción	Fichas técnicas	Porcentaje (%)
	Costos de concreto tradicional	Costos de equipos y/o herramientas	Materiales	Hoja de Excel
Costos de personal			Hoja de Excel	Soles (S/)
Costos de concreto con cal hidratada	Costos de equipos y/o herramientas	Materiales	Hoja de Excel	Soles (S/)
		Costos de personal	Hoja de Excel	Soles (S/)

## **CAPÍTULO IV.- MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1. Ubicación geográfica del estudio**

La presente investigación fue realizada en la provincia de Chota, el agregado fino proveniente del distrito de Conchán, ubicado en la carretera Chota – Tacabamba (UTM: 17 M; Este: 760423.00 y Norte: 9287842.00), el agregado grueso del Distrito de Chota de la cantera Cuyumalca ubicado en la carretera Chota – Cajamarca (UTM: 17M; Este: 763864.00 y Norte: 9269891.00) y en el caso de la cal hidratada de la provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca específicamente de la calera El Zasal, ubicado en la carretera Bambamarca – Cajamarca (UTM: 17M; Este: 783017.007 y Norte: 9254380.341).

### **4.2. Población, muestra y unidad de análisis**

La población de la investigación es la cal hidratada proveniente de la calera el Zasal, distrito de Bambamarca, agregado fino del distrito de Conchán y agregado grueso de la cantera Cuyumalca del distrito de Chota. La muestra es de 54 probetas para los ensayos a compresión (tabla 6) y 12 probetas para los ensayos de absorción del concreto (tabla 7) y la unidad de análisis es el espécimen de concreto de 15 cm x 30 cm y de 10 cm x 20 cm de acuerdo a la Norma.

**Tabla 6***Número de probetas para el ensayo de resistencia a la compresión*

% DE ADICIÓN	EIDADES DE CURADO (DÍAS)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	
0% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
3% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
5% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
7% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
10% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
15% DE CAL HIDRATADA	3	3	3	
<b>TOTAL</b>	18	18	18	54

**Tabla 7***Número de probetas para ensayo de Absorción*

% DE ADICIÓN	EDAD DE CURADO (DÍAS)
	90 DÍAS
0% DE CAL HIDRATADA	2
3% DE CAL HIDRATADA	2
5% DE CAL HIDRATADA	2
7% DE CAL HIDRATADA	2
10% DE CAL HIDRATADA	2
15% DE CAL HIDRATADA	2
<b>TOTAL</b>	12

### **4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación**

#### **4.3.1. Tipo de investigación**

- De acuerdo al propósito de la investigación y a la naturaleza del problema es una Investigación aplicada.
- De acuerdo a la técnica de contrastación es una investigación experimental, ya que se manipula variables experimentales en condiciones de un riguroso control.

#### **4.3.2. Diseño de investigación**

- Por la naturaleza de las variables, es una investigación de diseño experimental, ya que se manipula de manera intencional dichas variables, para analizar el comportamiento del concreto al adicionar cal hidratada en porcentajes de 3%, 5%, 7%, 10% y 15 %.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de la información se usó el método cuantitativo para medir las variables de estudio del concreto elaborado, en la cual se empleó equipos e instrumentos del laboratorio como: Máquina de ensayo a compresión, trompo, máquina de los Ángeles, olla Washington, balanzas, tamices entre otros y el método cualitativo se usó para describir las propiedades o variables cuantitativas de la elaboración del concreto, tales como: apariencia del concreto, trabajabilidad, fraguado, en la cual se empleó la observación directa en el laboratorio.

#### 4.4.1. Ensayos de los agregados

##### 4.4.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino y grueso NTP 400.012

#### Figura 1

*Análisis granulométrico de los agregados*



*Nota: tamizado de los agregados (2019).*

#### **Instrumentos**

- Tamices
- Agitador de tamices
- Brocha
- Cucharón
- Balanza

**Procedimiento:****Para el agregado fino:**

1. Se obtuvo una muestra seca de 1000 gramos.
2. Para el caso del agregado fino se separó por los distintos tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y fondo.
3. Se procedió a vaciar dicha muestra en el tamiz superior para luego tamizarlo por un tiempo determinado.
4. Luego se procedió a separar cada uno de los tamices para posteriormente pesarlo en la balanza antes tarada.
5. Posteriormente se realizó los cálculos para poder obtener cada uno de los porcentajes retenidos acumulados y el porcentaje que pasa.
6. Finalmente se graficó la curva granulométrica.

**Para el agregado grueso:**

1. Se obtuvo una muestra seca de 5000 gramos.
2. Se separó por los tamices: 2'', 1 1/2'', 1, 3/4'', 1/2'', 3/8'', N° 4 y fondo.
3. Se procedió a vaciar la muestra por el tamiz superior para luego tamizarlo por un tiempo determinado.
4. Posteriormente se empezó a separar cada uno de los tamices para luego pesarlo en la balanza previamente tarada.
5. Posteriormente se realizó los diferentes cálculos para obtener cada uno de los porcentajes retenidos acumulados y el porcentaje que pasa.
6. Finalmente se graficó la curva granulométrica.

#### 4.4.1.2. Contenido de humedad NTP 339.185

**Figura 2**

*Contenido de humedad del agregado*



*Nota: Colocación de la muestra al horno (2019).*

#### **Instrumentos:**

- Balanza
- Horno
- Recipiente

**Para el agregado fino:**

1. Se pesó una muestra de 1000 gramos.
2. Se pesó primero el recipiente y luego el agregado con el recipiente.
3. La muestra luego se llevó al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas.
4. Pasado las 24 horas se pesó la muestra seca para realizar el cálculo respectivo.

**Para el agregado grueso:**

1. Se pesó una muestra de 5000 gramos.
2. Se pesó primero el recipiente y luego el agregado con el recipiente.
3. La muestra se llevó al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas.
4. Una vez pasado las 24 horas se procedió a pesar la muestra seca para realizar el cálculo respectivo.

**4.4.1.3. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado  $75\ \mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en el agregado grueso y fino NTP 400.018****Instrumentos:**

- Tamices
- Recipientes
- Estufa
- Balanza

### **Procedimiento:**

#### **Para el agregado fino:**

1. Se secó la muestra a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un peso constante.
2. Posteriormente se determinó la masa de la muestra a ensayar.
3. Se colocó en el recipiente y se adicionó agua hasta cubrir el material, agitando la muestra a fin de separar las partículas más finas que el tamiz # 200.
4. Se procedió a colocar el agua de lavado cuidadosamente con los sólidos suspendidos en el tamiz.
5. Se realizó el mismo procedimiento hasta que el agua de lavado se muestre clara.
6. Finalmente se retornó todo el material retenido en el tamiz al recipiente mediante un chorro de agua, para luego secarlo la muestra a temperatura constante en la estufa a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego se determinó la nueva masa.

#### **Para el agregado grueso:**

1. Se secó la muestra a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un peso constante.
2. Posteriormente se determinó la masa de la muestra a ensayar.
3. Se colocó en el recipiente y se adicionó agua hasta cubrir el material agitando la muestra a fin de separar las partículas más finas que el tamiz # 200.
4. Se procedió a colocar el agua de lavado con los sólidos suspendidos en el tamiz.
5. Se realizó el mismo procedimiento hasta que el agua de lavado se muestre clara.
6. Finalmente se retornó todo el material retenido en el tamiz al recipiente mediante un chorro de agua, se secó la muestra a temperatura constante en la estufa a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego se determinó la nueva masa.

#### 4.4.1.4. Peso específico de masa del agregado fino y grueso NTP 400.021, NTP 400.022

**Figura 3**

*Peso específico de masa de los agregados*



*Nota: Toma de temperatura en el Baño María (2019).*

Los valores bajos nos permiten identificar que al agregado es altamente poroso y por lo tanto es absorbente y al mismo tiempo débil, lo contrario sucede con aquellos en donde los valores son altos allí nos encontramos con agregado de buena calidad.

**Instrumentos:**

- Fiola de 500 cm<sup>3</sup>
- Balanza
- Embudo

- Bandeja
- Recipiente de aluminio
- Cono de absorción y pilón
- Horno
- Canastilla
- Franela

**Para el agregado fino:**

1. Se pesó una cantidad de 2000 gramos de agregado.
2. Se sumergió en agua por un tiempo de 24 horas para que esté completamente saturado.
3. Pasado las 24 horas se dejó expandido el material (bajo sombra o también bajo corriente de aire).
4. Luego se verificó el estado saturado superficialmente seca realizado con el cono de absorción, se llenó en tres capas dando 25 golpes por capa, se retiró el cono y al observar que quedó las  $\frac{3}{4}$  partes, nos indicó que estuvo en estado saturado superficialmente seco.
5. Posteriormente se pesó 500 g de este material.
6. Luego se procedió a pesar la fiola de 500 cm<sup>3</sup>.
7. Se vació la muestra de agregado a la fiola y se llenó aproximadamente 400 cm<sup>3</sup>, para luego ser agitado ligeramente hasta que el aire incorporado sea expulsado en su totalidad, para ello se colocó en el baño maría a una temperatura requerida, una vez extraído el aire se dejó reposar por 24 horas.
8. Posteriormente se llenó la fiola hasta los 500 cm<sup>3</sup> con agua y se pesó.

9. Luego se extrajo todo el material con el agua en un recipiente, se dejó reposar para que las partículas sedimenten y se procedió a eliminar el agua.
10. Finalmente la muestra se llevó al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas, una vez pasado dicho tiempo se pesó la muestra seca.

**Para el agregado grueso:**

1. Se lavó el agregado grueso para eliminar las partículas como el polvo y otras impurezas superficiales.
2. Luego se secó a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se sumergió en agua por un tiempo de 24 horas.
3. Se retiró el agua y se procedió hacerle rodar sobre un paño absorbente hasta hacer desaparecer toda partícula de agua que se pueda ver.
4. posteriormente se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca.
5. Luego de pesar se colocó inmediatamente la muestra a la cesta de alambre y se determinó el peso en agua a una temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
6. Finalmente se procedió a secar la muestra hasta un peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se dejó enfriar hasta una temperatura ambiente y se pesó.

**4.4.1.5. Grado de absorción del agregado fino y grueso NTP 400.021, NTP 022.**

Permitió saber el grado de porosidad; por ende, la cantidad de agua que existe en los agregados.

## **Figura 4**

*Grado de absorción del agregado fino*



*Nota:* Reposo para el asentamiento de partículas (2019).

### **Instrumentos:**

- Balanza
- Horno

### **Para el agregado fino:**

Cada uno de los datos fue extraído del ensayo de peso específico.

### **Para el agregado grueso:**

Cada uno de los datos fue extraído del ensayo de peso específico.

#### 4.4.1.6. Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso NTP 400.017

**Figura 5**

*Peso volumétrico suelto de los agregados*



*Nota:* Pesado del agregado grueso (2019).

#### **Instrumento:**

- Balanza
- Brocha
- Varilla lisa de acero
- Cucharón
- Recipiente

**Para el agregado fino:**

1. Se pesó el molde de compactación antes de llenarlo.
2. Luego se colocó la muestra de agregado dejándolo caer libremente a una altura no mayor de 5 cm sobre el molde.
3. Se siguió el procedimiento hasta llenar completamente el molde.
4. luego se enrazó la superficie con una varilla lisa.
5. Finalmente se procedió a limpiar con una brocha toda partícula que no se encuentre dentro del molde y para luego determinar el peso total.

**Para el agregado grueso:**

1. Se pesó el molde de compactación vacío.
2. Luego se colocó la muestra de agregado dejándolo caer libremente a una altura no mayor de 5 cm sobre el molde.
3. Se siguió el procedimiento hasta llenar completamente el molde.
4. Luego se enrasó la superficie con una varilla lisa.
5. Finalmente se procedió a limpiar con una brocha toda partícula que no se encuentre dentro del molde y luego se determinó el peso total.

#### 4.4.1.7. Peso volumétrico compactado del agregado fino y grueso NTP 400.017

**Figura 6**

*Peso volumétrico compactado de los agregados*



*Nota:* Compactado del agregado grueso (2019).

**Instrumento:**

- Balanza
- Brocha
- Agregado
- Molde de compactación
- Recipiente
- Cucharon

- Varilla lisa de acero de 5/8''

**Para el agregado fino:**

1. Se pesó el molde antes de colocar el material.
2. Luego se colocó la muestra de agregado a una altura no mayor de 5 cm, se llenó en tres capas y en cada capa se compactó con 25 golpes con una varilla lisa de 5/8.
3. Se colocó el material hasta que se llene el molde.
4. Se enrasó con una varilla lisa la superficie.
5. Finalmente se procedió a limpiar con la una brocha toda partícula que no se encuentren dentro del molde para luego pesar el molde con la muestra.

**Para el agregado grueso**

1. Se pesó antes de colocar el material.
2. Luego se colocó la muestra de agregado a una altura no mayor de 5 cm, se llenó en tres capas y en cada capa se compactó con 25 golpes con una varilla lisa de 5/8.
3. Se colocó el material hasta que se llene el molde.
4. Se enrasó la superficie con una varilla lisa.
5. Finalmente se procedió a limpiar con la una brocha toda partícula que no se encuentren dentro del molde para luego pesar el molde con la muestra.

**4.4.1.8. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la degradación en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles NTP 400.019**

**Figura 7**

*Degradación del agregado grueso*



*Nota:* Extracción del agregado grueso de la Máquina de los Ángeles (2019).

**Aparatos**

- Máquina de los Ángeles
- Tamices
- Balanza
- Carga (esferas de acero)

## **Procedimiento**

1. Se lavó y se secó en el horno la muestra a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir un peso constante.
2. Se colocó la muestra en la máquina y se programó para que gire a una velocidad de 30 a 33 r.p.m. durante un periodo de 500 revoluciones.
3. Culminado el número de revoluciones se extrajo el material y se hizo una selección preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura fue mayor al tamiz N° 12.
4. Luego se tamizó la porción más fina en el tamiz N° 12.
5. Posteriormente se lavó el material más grueso que dicho tamiz.
6. Finalmente se colocó al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un peso constante y se pesó.

#### 4.4.2. Ensayos del concreto en estado fresco

##### 4.4.2.1. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035)

### Figura 8

*Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams*



*Nota:* Extracción del cono para la respectiva medición de asentamiento (2019).

#### **Instrumentos:**

- Cono de Abrams
- Varilla lisa de acero de 5/8'' de una longitud de 60 cm
- Una regla metálica
- Wincha
- Cucharón
- Recipiente metálica

### **Procedimiento:**

1. Se humedeció el cono, la varilla metálica, la regla y el cucharón antes del inicio del ensayo.
2. Posteriormente, se llenó mediante tres capas, a 1/3 de la altura total del cono y se procedió a compactar con la varilla lisa de 5/8" realizando 25 golpes para cada capa.
3. Una vez llenada la tercera capa se procedió a enrasar con la regla metálica.
4. Finalmente se procedió a retirar el molde en dirección vertical, evitando movimientos laterales y se midió el asentamiento del concreto.

#### **4.4.2.2. Contenido de aire del concreto fresco (NTP 339.081)**

### **Figura 9**

*Ensayo del contenido de aire con la Olla Washington*



*Nota:* Llenado de agua con la pipeta para determinar el contenido de aire (2019).

**Instrumentos:**

- Olla Washington
- Varilla de acero de 5/8" con extremo redondeado o semiesférico
- Regla metálica
- Mazo con cabeza de goma

**Procedimiento:**

1. Se humedeció el cono, la varilla metálica, la regla y el cucharón antes del inicio del ensayo.
2. Luego se llenó el recipiente en tres capas aproximadamente con la misma cantidad de concreto, se compactó cada capa con 25 penetraciones de la punta semiesférica de la varilla lisa de 5/8; se compactó la capa inferior en todo su área, sin tocar el fondo del recipiente, de la misma manera se procedió con la segunda y tercera capa, penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior.
3. Se golpeó el área lateral de la olla de 10 a 15 veces con el mazo de goma después de compactar cada una de las capas para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la mezcla.
4. Luego se enrasó el concreto utilizando la regla metálica, posteriormente se limpió la muestra sobrante del borde del recipiente.
5. Se humedeció el interior de la olla antes del acoplamiento con las mordazas a la base.
6. Luego se procedió a cerrar la válvula principal de aire y se abrió ambas llaves de purga de la cubierta.

7. Utilizando una bombilla se inyectó agua por una de las llaves de purga hasta que el agua salga por la otra llave, se procedió mientras se golpeaba el medidor para estar seguro de que el aire sea expulsado.
8. Posteriormente se cerró la válvula de escape de aire, hasta que el manómetro marque en la línea de presión inicial.
9. Se esperó unos segundos para que se estabilice el medidor de la presión y el aire comprimido llegue a una temperatura adecuada.
10. Luego se cerró las dos llaves de purga y se abrió la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón.
11. Finalmente se procedió a leer el porcentaje de aire que marcó el manómetro dando suavemente golpes con la mano para estabilizar una correcta lectura.

#### **4.4.3. Ensayos del concreto en estado endurecido**

##### **4.4.3.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)**

#### **Figura 10**

*Ensayo de probetas a la compresión*



*Nota:* Aplicación de la carga en la máquina a compresión (2019).

**Equipos e instrumentos:**

- Máquina de compresión
- Wincha
- Vernier
- Balanza

**Procedimiento:**

1. Las probetas fueron ensayadas dentro de la tolerancia de tiempo tal como indica la norma, de acuerdo a cada edad de ensayo.
2. Se pesó y midió cada una de las probetas.
3. Se alineó la probeta al eje del bloque de empuje superior de la máquina.
4. Se configuró el equipo y se comprobó que el indicador de carga marque cero.
5. Se aplicó la carga y se verificó que la carga vaya aumentando progresivamente.
6. Finalmente al alcanzar la capacidad máxima de cada probeta se procedió a anotar la resistencia.

#### 4.4.3.2. Método de ensayo de absorción del concreto

#### 4.4.3.3. Ensayo de absorción del concreto ASTM-C 1585

### Figura 11

*Colocación de especímenes en el recipiente para el ensayo respectivo*



*Nota:* Los especímenes son sumergidos en el agua 2 mm (2019).

#### **Instrumento:**

- Balanza
- Recipiente de vidrio
- Dispositivo de soporte
- Cronómetro
- Toalla
- Bolsas de polietileno para almacenaje
- Calibrador o pie de rey
- Material de sellado

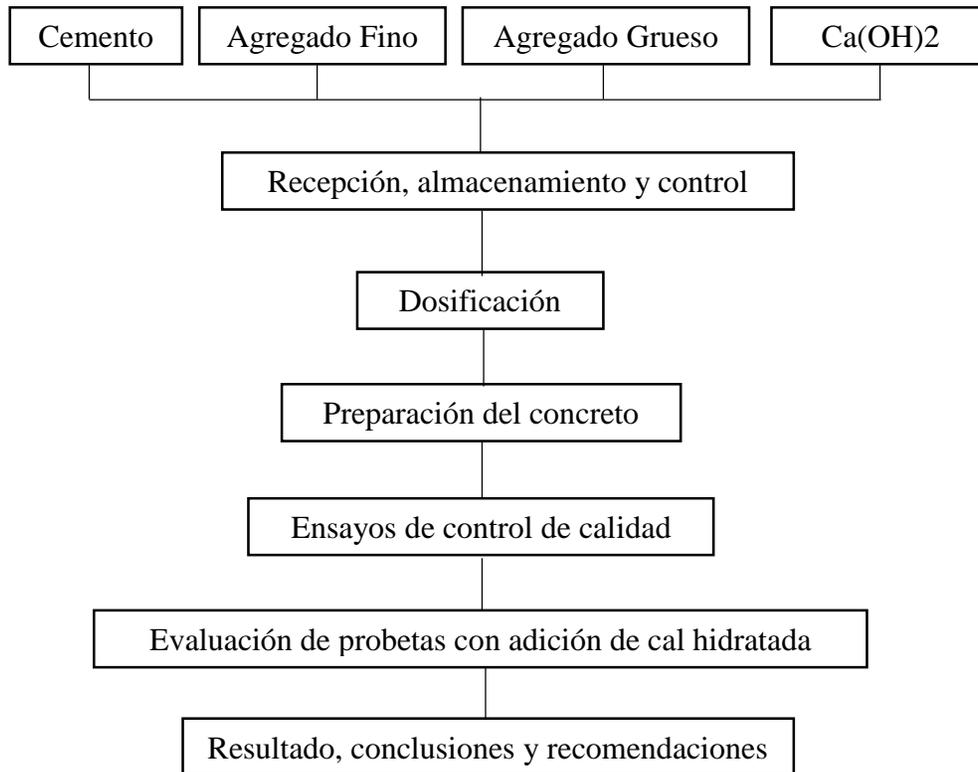
## Procedimiento

1. Se extrajo la probeta del recipiente de almacenaje y se registró la masa de la probeta acondicionada al 0.01 g más cercano, antes del sellado de sus superficies laterales.
2. Se midió como mínimo 4 diámetros de la probeta de la superficie a que iba a quedar expuesta al agua y se calculó el diámetro promedio.
3. Se selló la superficie lateral y uno de los extremos que no iba a quedar expuesto al agua de cada una de las probetas con un material apropiado.
4. Se determinó la masa de la probeta sellada al 0,01 g más cercano y se registró como la masa inicial para los cálculos de la absorción.
5. Se colocó el dispositivo de soporte para las probetas en el fondo del recipiente y este se llenó con agua, de manera que el nivel de agua estuvo de 1 a 3 mm por encima de la parte superior del mecanismo de soporte durante todo el ensayo.
6. Se conectó el dispositivo de medición del tiempo y luego se colocó la superficie de ensayo de la probeta sobre el dispositivo de soporte. Se registró el tiempo y la fecha del contacto inicial con el agua.
7. Se registró la masa de la probeta a los intervalos mostrados en la tabla N° 30 después del primer contacto con el agua, secando cualquier superficie mojada con un paño o toalla. Inmediatamente se volvió a colocar la probeta en el dispositivo y se realizó el mismo procedimiento para cada intervalo de tiempo.

#### 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

**Figura 12**

*Proceso que se realizó de manera general para la obtención de Probetas con y sin adición*



##### 4.5.1. Recolección de la información bibliográfica y antecedentes del proyecto

Se buscó temas e investigaciones relacionados con el proyecto y se analizó la información de proyectos similares que se tuvo en cuenta para el desarrollo de dicha investigación.

##### 4.5.2. Revisión de cada una de las normas vigentes correspondientes a la investigación

Se revisó normativas relacionadas con la elaboración y calidad de concretos, calidad de los agregados y las características de cada uno de los componentes que intervienen en el diseño de mezclas.

### 4.5.3. Origen de los materiales utilizados

**4.5.3.1. El cemento.** Fue adquirido del grupo empresarial “Cementos Pacasmayo”, la cual, cuenta con 3 plantas de cemento en el Perú, la primera es la planta Piura, la segunda es la planta Pacasmayo y la tercera es la planta Rioja. Para la presente investigación se utilizó el cemento Portland tipo I.

**4.5.3.2. El agregado fino.** Fue extraída y trasladada de la cantera de Conchán ubicada en la carretera Chota – Tacabamba (UTM: 17 M; Este=760423.00 y Norte=9287842.00).

### Figura 13

*Lugar de procedencia del agregado fino*



*Nota:* Cantera ubicada en el distrito de Conchán (2019).

**4.5.3.3. El agregado grueso.** Fue extraída y trasladada de la cantera Cuyumalca, ubicada en la carretera Chota – Cajamarca (UTM: 17 M; Este=763864.00 y Norte=9269891.00).

## Figura 14

*Lugar de procedencia del agregado grueso*



*Nota:* Cantera ubicada en la carretera Chota - Cajamarca (2019).

**4.5.3.4. Cal hidratada.** La cal hidratada fue obtenida de la calera El Zasal del distrito de Bambamarca, la cual fue trasladada y almacenada en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

## Figura 15

*Lugar de procedencia de la cal hidratada*



*Nota:* Cantera El Zasal ubicada en la carretera Bambamarca - Cajamarca (2019).

#### 4.5.4. Propiedades físico – mecánicas de los componentes para las probetas

a. **Cemento.** Los datos de cemento Pacasmayo se muestran a continuación en las tablas siguientes.

**Tabla 8**

*Composición química del cemento*

<b>Requisitos</b>	<b>Especificación</b>	<b>Resultado de ensayos</b>
MgO (%)	Máximo 6.0	1.9
SO <sub>3</sub> (%)	Máximo 3.0	2.8
Pérdida por ignición (%)	Máximo 3.5	3.1
Residuo Insoluble (%)	Máximo 1.5	0.6

*Fuente:* Cementos Pacasmayo (2019).

**Tabla 9**

*Propiedades físicas del cemento*

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Especificación</b>	<b>Resultado de ensayos</b>
Contenido de Aire (%)	Máximo 12.00	7
Expansión en Autoclave (%)	Máximo 0.80	0.05
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	Mínimo 2600	3952
Densidad (g/mL)	NO ESPECIFICA	3.09

*Fuente:* Cementos Pacasmayo (2019).

**b. Ensayos realizados al agregado fino.**

- **Análisis granulométrico.** Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.012.

**Tabla 10**

*Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 01)*

<b>N° Tamiz</b>	<b>Abertura del Tamiz</b>	<b>Masa Retenida</b>	<b>Porcentaje Retenido</b>	<b>Porcentaje Retenido Acumulado</b>	<b>Porcentaje Que Pasa Acumulado</b>
3/8"	0.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	29.10 g	2.91%	2.91%	97.09%
# 8	2.36 mm	44.40 g	4.44%	7.35%	92.65%
# 16	1.18 mm	45.80 g	4.58%	11.93%	88.07%
# 30	600.00 um	89.50 g	8.95%	20.88%	79.12%
# 50	300.00 um	495.70 g	49.57%	70.45%	29.55%
# 100	150.00 um	238.80 g	23.88%	94.33%	5.67%
Fondo	-----	56.70 g	5.67%	100.00%	0.00%
Total, Final (Peso después del tamizado)		1000.00 gr	100.00%	-----	-----
TMN:		#4	MF:	2.0785	

No cumple con la norma, puesto que, en la malla #16 y #30 el porcentaje que pasa acumulado está por sobre el límite máximo estipulado. Además, cuenta con un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 4.75 mm y el Módulo de Fineza (MF) es de 2.265. Siendo, el MF recomendado de 2.40 a 3.00.

**Tabla 11***Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 02)*

<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
3/8"	0.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	36.30 g	3.63%	3.63%	96.37%
# 8	2.36 mm	50.8 g	5.08%	8.71%	91.29%
# 16	1.18 mm	48.4 g	4.84%	13.55%	86.45%
# 30	600.00 um	86.7 g	8.67%	22.22%	77.78%
# 50	300.00 um	422.9 g	42.29%	64.51%	35.49%
# 100	150.00 um	286.4 g	28.64%	93.15%	6.85%
Fondo	-----	68.5 g	6.85%	100.00%	0.00%
Total, final (peso después del tamizado)		1000.00 gr	100.00%	-----	-----
TMN:	#4		MF:		2.0577

No cumple con la norma, puesto que, en la malla #16 y #30 el porcentaje que pasa acumulado está por sobre el límite máximo estipulado. Además, cuenta con un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 4.75 mm y el Módulo de Fineza (MF) es de 2.271. Siendo, el MF recomendado de 2.40 a 3.00.

**Tabla 12***Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado fino (ensayo # 03)*

<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
3/8"	0.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	33.4 g	3.34%	3.34%	96.66%
# 8	2.36 mm	55.3 g	5.53%	8.87%	91.13%
# 16	1.18 mm	60.6 g	6.06%	14.93%	85.07%
# 30	600.00 um	104.9 g	10.49%	25.42%	74.58%
# 50	300.00 um	513.4 g	51.35%	76.77%	23.23%
# 100	150.00 um	188.8 g	18.88%	95.65%	4.35%
Fondo	-----	43.5 g	4.35%	100.00%	0.00%
<hr/>					
Total, final después tamizado)	(peso del	999.90 g	100.00%	-----	-----
<hr/>					
TMN:		#4		MF:	2.24984

No cumple con la norma, puesto que, en la malla #16 y #30 el porcentaje que pasa acumulado está por sobre el límite máximo estipulado. Además, cuenta con un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 4.75 mm y el Módulo de Fineza (MF) es de 2.262, siendo el MF recomendado de 2.40 a 3.00.

- **Contenido de humedad.** Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la NTP 339.185.

**Tabla 13**

*Procesamiento de datos para el análisis del contenido de humedad del agregado fino*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	95.00 g	90.80 g	90.80 g
Peso del recipiente + muestra húmeda	1095.00 g	1090.80 g	1090.80 g
Peso del recipiente + muestra seca	1082.50 g	1078.20 g	1078.12 g
Peso de la muestra húmeda	1000.00 g	1000.00 g	1000.00 g
Peso de la muestra seca	987.50 g	987.40 g	987.32 g
Peso del agua	12.50 g	12.60 g	12.68 g
Contenido de humedad	1.27%	1.28%	1.28%
Contenido de humedad (promedio)	1.28%		

En dicho ensayo la norma no presenta límites para el porcentaje del contenido de humedad. Pero se recomienda tener porcentajes menores al 1%, ya que al realizar el diseño de mezcla, durante el proceso de corrección por humedad esta es mínima.

- **Determinación de materiales finos que pasan el tamiz # 200 (75 um).** Este ensayo se realizó teniendo en cuenta a la NTP 400.018.

**Tabla 14**

*Procesamiento de datos para el análisis de la cantidad de finos que pasan la malla #200 del agregado fino.*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	498.55 g	1646.15 g	1657.25 g
Peso del recipiente + muestra	2498.55 g	3646.15 g	3657.25 g
Peso seco de la muestra	2000.00 g	2000.00 g	2000.00 g
Peso del recipiente + muestra lavada seca	2370.90 g	3518.80 g	3529.50 g
Peso seco de la muestra ensayada	1872.35 g	1872.65 g	1872.25 g
Material que pasa la malla # 200	127.65 g	127.35 g	127.75 g
Porcentaje que pasa la malla # 200	6.38%	6.37%	6.39%
Porcentaje promedio que pasa la malla # 200	6.38%		

En dicha norma menciona que no debe sobrepasar el 3% para concretos que están sometidos a la abrasión y del 5% para otros concretos, por tal razón, no cumple con lo indicado.

- **Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción.** Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la NTP 400.022

**Tabla 15***Procesamiento de datos para el análisis del peso específico del agregado fino*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (S)	500.00 g	500.00 g	500.00 g
Peso de la fiola (500 ml)	182.80 g	182.80 g	182.80 g
Peso de la fiola llenado con agua hasta la marca de calibración (B)	680.40 g	680.40 g	680.40 g
Peso de la fiola lleno de la muestra y de agua hasta la marca de calibración (C)	986.05 g	986.06 g	986.02 g
Peso de la tara	498.60 g	498.60 g	498.60 g
Peso final de la muestra + tara	991.14 g	991.15 g	991.13 g
Peso de la muestra seca en el horno (A)	492.54 g	492.55 g	492.53 g
Densidad del agua	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Seca en el horno)	2.53 g/cm <sup>3</sup>	2.53 g/cm <sup>3</sup>	2.53 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Saturada superficialmente seca)	2.57 g/cm <sup>3</sup>	2.57 g/cm <sup>3</sup>	2.57 g/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Seca en el horno) Promedio	2.53 g/cm <sup>3</sup>		
Densidad (Saturada superficialmente seca) Promedio	2.57 g/cm <sup>3</sup>		
Densidad aparente (Promedio)	2.63 g/cm <sup>3</sup>		

**Tabla 16**

*Procesamiento de datos para el análisis de absorción del agregado fino*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (S)	500.00 g	500.00 g	500.00 g
Peso de la tara	498.6 g	498.6 g	498.6 g
Peso final de la muestra + tara	991.14 g	991.15 g	991.13 g
Peso de la muestra seca en el horno (A)	492.54 g	492.55 g	492.53 g
Absorción (Ab)	1.51%	1.51%	1.52%
Absorción (Ab) promedio	1.51%		

Para dicho ensayo se utilizó el procedimiento gravimétrico (Picnómetro) según la norma.

- **Peso unitario.** Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la NTP 400.017.

**Tabla 17**

*Procesamiento de datos para el análisis del peso unitario del agregado fino*

<b>Peso unitario suelto</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
Muestra	01	02	03
Peso del molde	1.65 kg	1.65 kg	1.65 kg
Peso del molde + material	5.64 kg	5.65 kg	5.64 kg
Volumen del molde	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>
Peso del material	3.99 kg	4.01 kg	3.99 kg
Densidad de masa	1412.10 kg/m <sup>3</sup>	1418.33 kg/m <sup>3</sup>	1428.49 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1414.31 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Peso unitario variado</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
Muestra	01	02	03
Peso del molde	1.65 kg	1.65 kg	1.65 kg
Peso del molde + material	6.12 kg	6.07 kg	6.14 kg
Volumen del molde	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>
Peso del material	4.47 kg	4.42 kg	4.50 kg
Densidad de masa	1582.89 kg/m <sup>3</sup>	1564.67 kg/m <sup>3</sup>	1591.63 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1597.73 kg/m <sup>3</sup>		

Son datos aptos para un diseño de concreto, ya que la norma no presenta ninguna restricción.

**c. Ensayos realizados al agregado grueso.**

- **Análisis Granulométrico.** Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.012.

**Tabla 18***Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 01)*

<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
2"	50 mm	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.0 mm	2894.00 g	36.09%	36.09%	63.91%
1/2"	12.7 mm	2808.50 g	35.03%	71.12%	28.88%
3/8"	9.51 mm	965.10 g	12.04%	83.16%	16.84%
#4	4.76 mm	1222.30 g	15.24%	98.40%	1.60%
Fondo	-----	127.90 g	1.60%	100.00%	0.00%
Total, final (peso después del tamizado)		8017.80 g	100.00 %	-----	-----
TMN:		3/4"	MF:		2.18

Al realizar el respectivo análisis se puede afirmar que no cumple con la norma en la malla de 3/8" de diámetro. Además, se tiene un TMN de 3/4" y un MF de 2.18.

**Tabla 19***Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 02)*

<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
2"	50 mm	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.0 mm	3240.50 g	40.42%	40.42%	59.58%
1/2"	12.7 mm	2711.50 g	33.82%	74.24%	25.76%
3/8"	9.51 mm	840.20 g	10.48%	84.72%	15.28%
#4	4.76 mm	1079.80 g	13.47%	98.19%	1.81%
Fondo	-----	145.40 g	1.81%	100.00%	0.00%
Total, final (peso después del tamizado)		8017.40 g	100.00 g	-----	-----
TMN:		3/4"		MF:	2.23

Al realizar el respectivo análisis se puede afirmar que no cumple con la norma en la malla de 3/8" de diámetro. Además, se tiene un TMN de 3/4" y un MF de 2.23.

**Tabla 20***Procesamiento de datos para el análisis granulométrico del agregado grueso (ensayo # 03)*

<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
2"	50 mm	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00 %	00.00 %	100.00 %
3/4"	19.0 mm	2547.50 g	31.77 %	31.77 %	68.23 %
1/2"	12.7 mm	2905.20 g	36.23 %	68.00 %	32.00 %
3/8"	9.51 mm	1090.20 g	13.60 %	81.60 %	18.40 %
#4	4.76 mm	1364.90 g	17.02 %	98.62 %	1.38 %
Fondo	-----	110.40 g	1.38 %	100.00 %	0.00 %
Total, final (peso después del tamizado)		8018.20 g	100.00 g	-----	-----
TMN:		3/4"	MF:	2.12	

Al realizar el respectivo análisis se puede afirmar que no cumple con la norma en la malla de 3/8" de diámetro. Además, se tiene un TMN de 3/4" y un MF de 2.12.

- **Contenido de humedad.** Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la NTP 339.185.

**Tabla 21**

*Procesamiento de datos para el análisis del contenido de humedad del agregado grueso*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	254.90 g	113.70 g	113.70 g
Peso del recipiente + muestra húmeda	4254.90 g	4113.70 g	4113.68 g
Peso del recipiente + muestra seca	4244.80 g	4103.60 g	4103.10 g
Peso de la muestra húmeda	4000.00 g	4000.00 g	3999.98 g
Peso de la muestra seca	3989.90 g	3989.90 g	3989.40 g
Peso del agua	10.10 g	10.10 g	10.58 g
Contenido de humedad	0.25%	0.25%	0.27%
Contenido de humedad (promedio)	0.26%		

La norma no presenta límites para el porcentaje del contenido de humedad.

- **Determinación de materiales finos que pasan el tamiz # 200 (75 um).** Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.018.

**Tabla 22**

*Procesamiento de datos para el análisis de la cantidad de finos que pasan la malla #200 del agregado grueso*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	888.80 g	888.85 g	888.80 g
Peso del recipiente + muestra	3888.80 g	3888.85 g	3888.80 g
Peso seco de la muestra	3000.00 g	3000.00 g	3000.00 g
Peso del recipiente + muestra lavada seca	3867.80 g	3865.45 g	3868.80 g
Peso seco de la muestra ensayada	2979.00 g	2976.60 g	2980.00 g
Material que pasa la malla # 200	21.00 g	23.40 g	20.00 g
Porcentaje que pasa la malla # 200	0.70%	0.78%	0.67%
Porcentaje promedio que pasa la malla # 200	0.72%		

En dicha norma menciona que no debe sobrepasar el 3% para concretos que están sometidos a la abrasión y del 5% para otros, por tal razón, si cumple con lo indicado.

- **Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción.** Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la NTP 400.021.

**Tabla 23***Procesamiento de datos para el análisis del peso específico del agregado grueso*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	883.12 g	297.13 g	183.20 g
Peso de la muestra inicial + recipiente	5933.22 g	5355.83 g	5198.30 g
Peso de la muestra seca en el aire	5050.10 g	5058.70 g	5015.10 g
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente	5967.80 g	5390.70 g	5232.60 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	5084.68 g	5093.57 g	5049.40 g
Peso en el agua de la muestra saturada	3165.70 g	3172.20 g	3117.70 g
Peso final de la muestra + recipiente	5880.30 g	5307.40 g	5150.60 g
Peso final de la muestra después de la estufa	4997.18 g	5010.27 g	4967.40 g
Densidad del agua	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa (pem)	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.60 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.61 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente (Pea)	2.68 g/cm <sup>3</sup>	2.68 g/cm <sup>3</sup>	2.64 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa (pem) promedio		2.62 g/cm <sup>3</sup>	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) Promedio		2.63 g/cm <sup>3</sup>	
Peso específico aparente (Pea) promedio		2.66 g/cm <sup>3</sup>	

**Tabla 24**

*Procesamiento de datos para el análisis de absorción del agregado grueso*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	883.12 g	297.13 g	183.20 g
Peso de la muestra inicial + recipiente	5933.22 g	5355.83 g	5198.30 g
Peso de la muestra seca en el aire	5050.10 g	5058.70 g	5015.10 g
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente	5967.80 g	5390.70 g	5232.60 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	5084.68 g	5093.57 g	5049.40 g
Peso final de la muestra + recipiente	5880.30 g	5307.40 g	5150.60 g
Peso final de la muestra después de la estufa	4997.18 g	5010.27 g	4967.40 g
Absorción (Ab)	0.68%	0.69%	0.68%
Absorción (Ab) promedio		0.69%	

La norma nos indica que generalmente no se limita las especificaciones tanto de peso específico y de absorción de los agregados, ya que rara vez muestran un buen índice de su calidad.

- **Peso unitario.** La norma a tener en cuenta fue la NTP 400.017.

**Tabla 25**

*Procesamiento de datos para el análisis del peso unitario del agregado grueso*

<b>Peso unitario suelto</b>			
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso del molde	4.66 kg	4.66 kg	4.66 kg
Peso del molde + material	17.35 kg	17.41 kg	17.12 kg
Volumen del molde	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>
Peso del material	12.69 kg	12.75 kg	12.46 kg
Densidad de masa	1379.35 kg/m <sup>3</sup>	1389.88 kg/m <sup>3</sup>	1358.27 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1375.83 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Peso unitario variado</b>			
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso del molde	4.66 kg	4.66 kg	4.66 kg
Peso del molde + material	18.73 kg	18.76 kg	18.73 kg
Volumen del molde	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>
Peso del material	14.07 kg	14.10 kg	14.07 kg
Densidad de masa	1533.77 kg/m <sup>3</sup>	1537.04 kg/m <sup>3</sup>	1533.77 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1534.86 kg/m <sup>3</sup>		

Los datos son aptos para un diseño de concreto, ya que, en los antecedentes se tiene datos similares.

**d. Ensayo de abrasión.** Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.019.

**Tabla 26**

*Procesamiento de datos para el análisis de abrasión del agregado grueso*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	85.80 g	85.80 g	85.80 g
Peso del recipiente + muestra de 1/2"	2585.80 g	2585.80 g	2585.80 g
Peso del recipiente + muestra de 3/8"	2585.80 g	2585.80 g	2585.80 g
Peso del recipiente + muestra inicial (Después del secado)	5085.80 g	5085.80 g	5085.80 g
Muestra inicial (Después del secado)	5000.00 g	5000.00 g	5000.00 g
Peso de muestra seca que no pasa el tamiz #12, después del lavado + recipiente	3791.40 g	3794.30 g	3789.90 g
Peso de muestra seca que no pasa el tamiz #12, después del lavado	3705.60 g	3706.50 g	3704.10 g
Peso de muestra seca que pasa el tamiz #12, después del lavado.	1294.40 g	1293.50 g	1295.90 g
Pérdida	25.89%	25.87%	25.92%
Pérdida (promedio)	25.89%		

Dicho ensayo si cumple con la norma, ya que la pérdida no es mayor del 30%, por lo cual si se encuentra en los parámetros establecidos.

e. **Cal hidratada.** Los datos de la cal hidratada se muestran a continuación en las siguientes tablas.

**Tabla 27**

*Análisis químico de una muestra de cal hidratada*

<b>DETERMINACIÓN QUÍMICA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$	84.200
Óxido de calcio $\text{CaO}$	74.300
Óxido férrico $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.073
Óxido de magnesio $\text{MgO}$	0.604
Óxido de silicio $\text{SiO}_2$	2.000
Óxido de aluminio $\text{Al}_2\text{O}_3$	0.570

*Fuente: GINGECONSULT & LAB S.R.L. (2019).*

**Tabla 28**

*Análisis físico de una muestra de Cal Hidratada*

<b>DETERMINACIÓN FÍSICA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Contenido de aire (%)	5.5
Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.22
Peso molecular ( $\text{Kg}/\text{mol}$ )	63.5
Granulometría	Pasa el 100% la maya # 200
Contenido de humedad (%)	0.51

*Fuente: GINGECONSULT & LAB S.R.L. (2019).*

#### 4.5.5. Diseño de mezclas

Para el diseño de mezclas se tomó como guía al método ACI.

**Tabla 29**

*Datos para ser utilizado en el diseño de mezclas*

<b>Características requeridas de la piedra chancada</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Peso unitario suelto	1375.83 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1534.86 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2620.00 kg/m <sup>3</sup>
Tamaño máximo nominal	3/4"
Porcentaje de absorción	0.69%
Porcentaje de humedad	0.26%

<b>Características requeridas de la arena</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Peso unitario suelto	1414.31 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1597.73 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2530.00 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de fineza	2.13
Porcentaje de absorción	1.51%
Porcentaje de humedad	1.28%

<b>Características requeridas del agua</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Peso específico	998.59 kg/m <sup>3</sup>

## Procedimiento

### **Paso 1.** Cálculo de $F'_{cr}$ (Resistencia promedio requerida).

Cuando se tiene la desviación estándar se utiliza el criterio 318 del ACI y se utiliza las siguientes ecuaciones para poder determinar la  $F'_{cr}$  en diseño de mezclas.

Ecuaciones:

$$F'_{cr} = F'_c + 1.34 * S \quad \text{Fórmula 18}$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 * S - 35 \quad \text{Fórmula 19}$$

Para calcular la desviación estándar en diseño de mezclas:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{Fórmula 20}$$

$x_i$  = Son valores de referencia que se han obtenido en probetas estándar.

$\bar{x}$  = Promedio de valor  $\bar{x}$ , es de resistencia obtenidos en unas probetas estándar.

### **Tabla 30**

*Factores a considerar según la resistencia que se desee*

<b>Cuando no se tiene registros de resistencias</b>	
$F'_c$	$F'_{cr}$
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 - 350	$F'_c + 84$
> 350	$F'_c + 98$

*Fuente: Comité 211 ACI (2002).*

**Tabla 31**

*Factores que se debe tener en cuenta según la calidad*

<b>Cuando hay un control de calidad en la obra</b>	
Regular o malo	1.3*F'c a 1.5*F'c
Bueno	1.2*F'c
Excelente	1.1*F'c

*Fuente: Comité 211 ACI (2002).*

Para poder encontrar la resistencia promedio requerida se eligió el segundo método, ya que para los demás métodos no se cuenta con los datos necesarios. La  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  es el dato de la resistencia a compresión que se quiere obtener al momento de la rotura de muestras. Por lo tanto:  $F'cr= F'c + 84$ ,  $F'cr= 210 + 84$ . Obteniendo,  $F'cr= 294 \text{ kg/cm}^2$ .

**Paso 2.** Contenido de aire

**Tabla 32**

*Porcentaje de aire atrapado*

<b>Concreto sin aire atrapado</b>								
T.M. de AG (")	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
Aire atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
<b>Concreto con aire atrapado</b>								
T.M. de AG (")	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
<b>Concreto de exposición</b>								
Normal	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
Moderada	6.00	5.50	5.00	4.50	4.50	4.00	3.50	3.00
Extrema	7.50	7.00	6.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00

*Fuente:* Comité 211 ACI (2002).

Observando la Tabla 32 se obtiene un contenido de aire del 2% ya que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4.

**Paso 3.** Contenido de agua.

**Tabla 33**

*Slump recomendado para diversos tipos de obra*

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Slump máximo</b>	<b>Slump mínimo</b>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

*Fuente:* Comité 211 ACI (2002).

**Nota**

El slump puede aumentar cuando se utiliza aditivos, siempre y cuando que no se modifique la relación agua/cemento ni tampoco exista segregación o exudación.

Y también puede aumentar en 1" si no se utiliza vibrador.

**Tabla 34***Cantidad de agua aproximada para amasado*

SLUMP	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

*Fuente: Comité 211 ACI (2002).*

De acuerdo a la tabla mostrada se determinó que el volumen unitario de agua, o agua de diseño que es necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento asumido es de 3" - 4" y el agregado grueso teniendo un tamaño máximo de 3/4", es de 205 Lts/m<sup>3</sup>.

**Paso 4.** Relación agua/cemento (Por resistencia  $F'_{cr}$ ).

**Tabla 35**

*Relación agua/cemento vs resistencia del concreto*

F'c a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

*Fuente:* Comité 211 ACI (2002).

Ya que la resistencia del concreto que se deseó obtener fue de 294 kg/cm<sup>2</sup> y como no se encontró en la Tabla 35, Se tuvo por interpolar obteniendo:

$$X = 0.558 \text{ A/C}$$

**Paso 5.** Contenido de cemento.

Como ya se obtuvo el dato del agua y la relación agua/cemento, entonces se calculó el cemento siendo este 367.12 Kg, el Factor Cemento (FC) fue 8.64 bls, ya que en una bolsa de cemento contiene 42.5 kg.

**Paso 6.** Peso del agregado grueso.

**Tabla 36**

*Volumen del agregado grueso compactado en seco*

<b>Tamaño máximo del agregado</b>	<b>Módulo de fineza de la arena</b>			
	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

*Fuente:* Comité 211 ACI (2002).

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/4" y el módulo de fineza es 2.27, y como no se tiene dicho valor en la tabla se tuvo que interpolar obteniendo un valor de 0.673.

Con este dato y el peso unitario compactado se encontró el peso del agregado grueso.

$$\text{Peso A.G.} = (0.673) * (1534.86 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso A.G.} = 1033.58 \text{ kg}$$

**Paso 7. Volumen absoluto.**

Para conseguir el volumen absoluto de cada uno de los componentes se dividió a cada uno de ellos por su respectivo peso específico.

$$\text{Cemento} \dots\dots\dots (367.12 \text{ kg}) / (3080.00 \text{ kg/m}^3) = 0.119 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \dots\dots\dots (290 \text{ lts}) / (998.59 \text{ kg/m}^3) = 0.20529 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \dots\dots\dots = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{A.G.} \dots\dots\dots (1033.58 \text{ kg}) / (2617.77 \text{ kg/m}^3) = 0.395 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} \dots\dots\dots = 0.739 \text{ m}^3$$

$$\text{A.F.} \dots\dots\dots = 0.261 \text{ m}^3$$

**Paso 8. Peso del agregado fino**

Luego que se ha obtenido el volumen se multiplica por su peso específico para obtener su peso de cada material.

$$\text{Peso A.F.} = (0.261 \text{ m}^3) * (2530.64 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso A.F.} = 659.70 \text{ kg}$$

**Paso 9. Presentación de los diseños en estado seco.**

Es importante indicar que primero se elaboró el concreto patrón con 0% de adición de Cal Hidratada (C.H.), luego se adicionó 3% de cal hidratada la cual fue remplazada por el 3% de cemento, de igual manera para el 5%, 7%, 10% y el 15% de adición de dicho material.

**Tabla 37***Presentación del diseño en estado seco*

<b>Descripción</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
Cemento	367.12 kg	356.11 kg	348.76 kg
A.F.	659.7 kg	659.7 kg	659.7 kg
A.G.	1033.58 kg	1033.58 kg	1033.58 kg
C.H.	0.00 kg	11.01 kg	18.36 kg
Agua	205.00 kg	205.00 kg	205.00 kg

<b>Descripción</b>	<b>7%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
Cemento	341.42 kg	330.41 kg	312.05 kg
A.F.	659.7 kg	659.7 kg	659.7 kg
A.G.	1033.58 kg	1033.58 kg	1033.58 kg
C.H.	25.70 kg	36.71 kg	55.07 kg
Agua	205.00 kg	205.00 kg	205.00 kg

**Paso 10.** Se procedió al cálculo de la corrección por humedad, el aporte de agua en la mezcla y cálculo del agua efectiva.

**Tabla 38**

*Cálculo de la corrección por humedad, aporte de agua en la mezcla y agua efectiva*

<b>Corrección por humedad (Kilogramos)</b>						
Descripción	0%	3%	5%	7%	10%	15%
A.F.	668.12	668.12	668.12	668.12	668.12	668.12
A.G.	1036.23	1036.23	1036.23	1036.23	1036.23	1036.23
C.H.	0.00	11.01	18.36	25.70	36.71	55.07

<b>Aporte de agua en la mezcla (Litros)</b>						
Descripción	0%	3%	5%	7%	10%	15%
A.F.	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
A.G.	-4.44	-4.44	-4.44	-4.44	-4.44	-4.44
Total	-6.04	-6.04	-6.04	-6.04	-6.04	-6.04

<b>Agua efectiva (Litros)</b>						
Descripción	0%	3%	5%	7%	10%	15%
Agua	211.04	211.04	211.04	211.04	211.04	211.04

**Paso 11.** Proporcionamiento para cada diseño.

**Tabla 39**

*Proporcionamiento para cada diseño*

<b>Proporcionamiento para cada diseño.</b>						
<b>Descripción</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>	<b>7%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
Cemento	1.00	0.97	0.95	0.93	0.90	0.85
A.F.	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
A.G.	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
C.H.	0.00	0.03	0.05	0.07	0.10	0.15
Agua	24.43	24.43	24.43	24.43	24.43	24.43

**Paso 12.** Luego que se obtuvo los datos necesarios se procedió a calcular las cantidades de material para cada tanda de concreto (nueve probetas), además, las dimensiones de las probetas fueron: Alto= 30cm, Diámetro = 15 cm, obteniendo un volumen de 0.00556 m<sup>3</sup> para cada una de ellas, esto de acuerdo a la NTP 339.033.

**Tabla 40**

*Material requerido en cada caso*

<b>Material requerido para cada caso</b>			
<b>Descripción</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
Cemento	18.37 kg	17.82 kg	17.45 kg
A.F.	33.43 kg	33.43 kg	33.43 kg
A.G.	51.85 kg	51.85 kg	51.85 kg
C.H.	0.00 kg	0.55 kg	0.92 kg
Agua	10.56 lts	10.56 lts	10.56 lts
Cantidad	09	09	09
<b>Descripción</b>	<b>7%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
Cemento	17.08 kg	16.53 kg	15.61 kg
A.F.	33.43 kg	33.43 kg	33.43 kg
A.G.	51.85 kg	51.85 kg	51.85 kg
C.H.	1.29 kg	1.84 kg	2.76 kg
Agua	10.56 lts	10.56 lts	10.56 lts
Cantidad	09	09	09

#### 4.5.6. Proceso de elaboración de las probetas

El proceso que se siguió para elaborar las probetas se detalla a continuación:

**Paso 01.** Pesado de los materiales.

**Figura 16**

*Pesado de materiales*



*Nota:* Pesado de agregado grueso y agregado fino (2019).

**Paso 02.** Colocación de cada uno de los materiales al trompo y mezclado de ellos.

**Figura 17**

*Colocación de los materiales al trompo*



*Nota:* Elaboración del concreto patrón (2019).

## Figura 18

*Colocación de la adición al trompo*



*Nota: Elaboración del concreto con adición (2019).*

**Paso 03.** Ensayos en la olla de Washington, en el cono de Abrams y medición de la temperatura.

## Figura 19

*Ensayo en la olla de Washington*



*Nota: ensayo para la obtención del contenido de aire (2019).*

## Figura 20

*Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams*



*Nota: Enrasado del concreto (2019).*

## Figura 21

*Medición de la temperatura con el termómetro*



*Nota: La temperatura varía de acuerdo al porcentaje de cal hidratada (2019).*

**Paso 04.** Colocación del concreto en cada uno de los moldes cilíndricos con el respectivo varillado en cada capa distribuyendo así de manera uniforme y el golpeado respectivo en los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire atrapadas.

**Figura 22**

*Realizando el llenado de concreto a los respectivos moldes*



*Nota:* Golpeado del molde con el mazo de goma (2019).

**Paso 05.** Desmoldado de las probetas. Las probetas fueron retiradas de los moldes entre las 18 y 24 horas después de realizar el moldaje.

**Figura 23**

*Realización del desmolde respectivo de probetas*



*Nota:* Desmolde de probetas (2019).

**Paso 06.** Marcación de la probeta para la identificación requerida.

**Figura 24**

*Enumeración de las probetas para la identificación correspondiente*



*Nota:* Marcación con el respectivo porcentaje de adición (2019).

**Paso 07.** Curado de las probetas. Una vez de desmoldar las probetas y antes de que pasen los 30 minutos después de haber quitado los moldes, se colocaron las probetas en un ambiente adecuado de humedad, siempre cubiertas por agua.

## Figura 25

*Probetas en proceso de curado en una respectiva fuente*



*Nota: Curado de las probetas luego del desencofrado (2019).*

Es importante mencionar que este procedimiento se realizó tanto para el concreto patrón, como para cada uno de los porcentajes de adición de cal hidratada.

#### 4.5.7. Ensayos realizados al concreto

A continuación se muestran tablas en las cuales se detallan los resultados obtenidos del concreto en estado fresco con los distintos porcentajes de adición de cal hidratada.

**Tabla 41**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 0% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.31 kg
Masa del concreto	16.41 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2344.29 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.4 in
Contenido de aire	2.20%
Temperatura	17.6 °C

**Tabla 42**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 3% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.26 kg
Masa del concreto	16.36 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2337.14 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.3 in
Contenido de aire	2.00%
Temperatura	17.7 °C

**Tabla 43**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 5% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.19 kg
Masa del concreto	16.29 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2327.14 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.3 in
Contenido de aire	1.85%
Temperatura	17.7 °C

**Tabla 44**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 7% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.17 kg
Masa del concreto	16.27 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2324.29 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.2 in
Contenido de aire	1.75%
Temperatura	17.8 °C

**Tabla 45**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 10% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.15 kg
Masa del concreto	16.25 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2321.43 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.1 in
Contenido de aire	1.70%
Temperatura	17.8 °C

**Tabla 46**

*Procesamiento de datos para el concreto en estado fresco con 15% de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>
Masa del molde	3.90 kg
Masa del molde + concreto	20.07 kg
Masa del concreto	16.17 kg
Densidad del agua	998.59 kg/m <sup>3</sup>
Volumen del molde	0.007 m <sup>3</sup>
Peso Unitario	2310.00 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.0 in
Contenido de aire	1.50%
Temperatura	17.9 °C

#### 4.5.8. Ensayos realizados a las probetas

4.5.8.1. **Ensayos a la compresión.** A continuación se muestran tablas en las cuales se detallan los resultados de cada uno de los ensayos realizados.

**Tabla 47**

*Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
Fecha de rotura	26/12/2019	26/12/2019	26/12/2019
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	14.80 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	172.03 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>	5161.00 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.56 g	12.54 g	12.47 g
Carga	31258.00 kgf	31126.00 kgf	30612.00 kgf
Resistencia	176.88 kgf/cm <sup>2</sup>	176.14 kgf/cm <sup>2</sup>	177.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	176.99 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 48**

*Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.49 g	12.51 g	12.52 g
Carga	31998.00 kgf	32368.00 kgf	32795.00 kgf
Resistencia	181.07 kgf/cm <sup>2</sup>	183.17 kgf/cm <sup>2</sup>	183.13 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	182.46 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 49**

*Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.48 g	12.56 g	12.59 g
Carga	33882.00 kgf	33368.00 kgf	33965.00 kgf
Resistencia	191.73 kgf/cm <sup>2</sup>	186.33 kgf/cm <sup>2</sup>	189.67 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	189.24 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 50**

*Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	13/01/2020	13/01/2020	13/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.54 g	12.59 g	12.49 g
Carga	30921.00 kgf	30528.00 kgf	31092.00 kgf
Resistencia	174.98 kgf/cm <sup>2</sup>	172.75 kgf/cm <sup>2</sup>	175.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	174.56 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 51**

*Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	13/01/2020	13/01/2020	13/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.20 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5336.78 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.49 g	12.56 g	12.44 g
Carga	28723.00 kgf	29228.00 kgf	29399.00 kgf
Resistencia	162.54 kgf/cm <sup>2</sup>	165.40 kgf/cm <sup>2</sup>	164.17 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		164.03 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 52**

*Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 7 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.44 g	12.38 g	12.55 g
Carga	25922.00 kgf	26306.00 kgf	25859.00 kgf
Resistencia	144.75 kgf/cm <sup>2</sup>	146.90 kgf/cm <sup>2</sup>	144.40 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	145.35 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 53**

*Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
Fecha de rotura	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.57 g	12.65 g	12.54 g
Carga	35745.00 kgf	36145.00 kgf	35920.00 kgf
Resistencia	202.28 kgf/cm <sup>2</sup>	201.84 kgf/cm <sup>2</sup>	203.27 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	202.46 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 54**

*Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.66 g	12.74 g	12.68 g
Carga	36228.00 kgf	36938.00 kgf	36899.00 kgf
Resistencia	205.01 kgf/cm <sup>2</sup>	206.27 kgf/cm <sup>2</sup>	206.05 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		205.78 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 55**

*Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.63 g	12.50 g	12.62 g
Carga	36739.00 kgf	37238.00 kgf	37589.00 kgf
Resistencia	207.90 kgf/cm <sup>2</sup>	210.72 kgf/cm <sup>2</sup>	209.90 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	209.51 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 56**

*Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	20/01/2020	20/01/2020	20/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.55 g	12.46 g	12.51 g
Carga	35154.00 kgf	34842.00 kgf	34802.00 kgf
Resistencia	198.93 kgf/cm <sup>2</sup>	197.17 kgf/cm <sup>2</sup>	196.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		197.68 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 57**

*Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	20/01/2020	20/01/2020	20/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.53 g	12.42 g	12.47 g
Carga	33258.00 kgf	32887.00 kgf	33205.00 kgf
Resistencia	188.20 kgf/cm <sup>2</sup>	186.10 kgf/cm <sup>2</sup>	187.90 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	187.40 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 58**

*Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 14 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	23/01/2020	23/01/2020	23/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.00 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.46 g	12.49 g	12.44 g
Carga	31008.00 kgf	31637.00 kgf	30754.00 kgf
Resistencia	173.15 kgf/cm <sup>2</sup>	176.67 kgf/cm <sup>2</sup>	174.03 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		174.62 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 59**

*Procesamiento de datos para las probetas con 0% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.20 cm	30.20 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5336.78 cm <sup>3</sup>	5408.17 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.60 g	12.61 g	12.58 g
Carga	39061.00 kgf	39296.00 kgf	39437.00 kgf
Resistencia	221.04 kgf/cm <sup>2</sup>	219.43 kgf/cm <sup>2</sup>	220.22 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		220.23 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 60**

*Procesamiento de datos para las probetas con 3% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	30/01/2020	30/01/2020	30/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.00 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5372.35 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.72 g	12.73 g	12.67 g
Carga	40196.00 kgf	40562.00 kgf	40469.00 kgf
Resistencia	224.46 kgf/cm <sup>2</sup>	226.50 kgf/cm <sup>2</sup>	225.98 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		225.65 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 61**

*Procesamiento de datos para las probetas con 5% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	30/01/2020	30/01/2020	30/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.00 cm
Diámetro	15.10 cm	14.90 cm	15.00 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	174.37 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5248.42 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.72 g	12.63 g	12.63 g
Carga	41296.00 kgf	40574.00 kgf	41669.00 kgf
Resistencia	230.60 kgf/cm <sup>2</sup>	232.69 kgf/cm <sup>2</sup>	235.80 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		233.03 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 62**

*Procesamiento de datos para las probetas con 7% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.62 g	12.43 g	12.65 g
Carga	37577.00 kgf	37651.00 kgf	37321.00 kgf
Resistencia	212.64 kgf/cm <sup>2</sup>	213.06 kgf/cm <sup>2</sup>	211.19 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)	212.30 kgf/cm <sup>2</sup>		

**Tabla 63**

*Procesamiento de datos para las probetas con 10% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.30 cm
Diámetro	14.90 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	174.37 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5248.42 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5354.45 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.58 g	12.32 g	12.64 g
Carga	34577.00 kgf	34883.00 kgf	35166.00 kgf
Resistencia	198.30 kgf/cm <sup>2</sup>	197.40 kgf/cm <sup>2</sup>	199.00 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		198.23 kgf/cm <sup>2</sup>	

**Tabla 64**

*Procesamiento de datos para las probetas con 15% de cal hidratada (compresión a los 28 días)*

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Probeta N°			
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	06/02/2020	06/02/2020	06/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.20 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	174.37 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5336.78 cm <sup>3</sup>	5230.98 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.62 g	12.38 g	12.38 g
Carga	31605.00 kgf	31403.00 kgf	32186.00 kgf
Resistencia	178.85 kgf/cm <sup>2</sup>	180.10 kgf/cm <sup>2</sup>	179.73 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (promedio)		179.56 kgf/cm <sup>2</sup>	

#### 4.5.8.2. Ensayos de absorción del concreto

**Tabla 65**

*Procesamiento de datos de absorción del concreto con 0% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	101.00	50.25	8011.85	402595.29	
P - 2	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40	2.42
P - 3	974.00	101.00	50.25	8011.85	402595.29	
Edad de la muestra (días)					90	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9501	

**Tabla 66**

*Procesamiento de datos de absorción del concreto con 3% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	101.13	50.00	8031.69	401584.51	
P - 2	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40	2.41
P - 3	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40	
Edad de la muestra (días)					90	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9419	

**Tabla 67***Procesamiento de datos de absorción del concreto con 5% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	101.38	50.13	8071.45	404581.48	
P - 2	974.00	101.25	50.25	8051.56	404590.81	2.41
P - 3	974.00	101.13	50.25	8031.69	403592.43	
Edad de la muestra (días)					90	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9226	

**Tabla 68***Procesamiento de datos de absorción del concreto con 7% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	
P - 2	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	2.44
P - 3	974.00	100.38	50.25	7913.00	397628.10	
Edad de la muestra (días)					90	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9724	

**Tabla 69***Procesamiento de datos de absorción del concreto con 10% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	
P - 2	974.00	100.88	50.25	7992.03	401599.39	2.43
P - 3	974.00	100.63	50.25	7952.46	399611.28	
Edad de la muestra (días)					90.00	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9742	

**Tabla 70***Procesamiento de datos de absorción del concreto con 15% de cal hidratada*

<b>Datos y resultados</b>						
Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	
P - 2	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	2.43
P - 3	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	
Edad de la muestra (días)					90.00	
Absorción promedio $\sum\Delta$ (mm)					3.9755	

#### 4.5.9. Costos para obtener las probetas

Para el cálculo de cada uno de los costos de los materiales se realizó con los precios obtenidos al momento que se realizó la compra:

El precio de la bolsa de Cemento Portland tipo I fue de S/ 25.00; por lo tanto, el precio de un kilogramo de S/ 0.588.

El precio del agregado grueso puesto en el laboratorio fue de S/. 70.00 el m<sup>3</sup>, haciendo un total de 2617.77 kg 1m<sup>3</sup>; por lo tanto, el precio de 1kg es de S/ 0.0267.

El precio del agregado fino puesto en el laboratorio fue de S/ 70.00 el m<sup>3</sup>, haciendo un total de 2530.64 kg 1m<sup>3</sup>; por lo tanto, el precio de 1kg es de S/ 0.0277.

El precio de 1m<sup>3</sup> de agua fue de S/ 5.00; por lo tanto, el precio de cada litro es de S/ 0.005.

Para el caso de la cal hidratada incluyendo el costo de la movilidad desde la calera El Zasal, el precio se adquirió en kilogramos, siendo el costo de 1kg S/ 0.25.

Al tener cada uno de estos datos, a continuación se realizó el cálculo para la obtención de los costos según el porcentaje de adición de cal hidratada tanto para los ensayos a compresión como los de absorción.

**Tabla 71***Costos de materiales para 1m<sup>3</sup> de concreto*

<b>Costo de materiales por 1m<sup>3</sup> de concreto (soles)</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Precio para 0% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 3% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 5% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 7% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 10% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 15% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>
Cemento	215.95	209.47	205.16	200.84	194.36	183.56
A.F.	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48
A.G.	27.71	27.71	27.71	27.71	27.71	27.71
Agua	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.00	2.75	4.59	6.42	9.18	13.767
<b>Total</b>	<b>263.20</b>	<b>259.47</b>	<b>256.99</b>	<b>254.51</b>	<b>250.78</b>	<b>244.57</b>

*Nota:* Costos obtenidos son para cada porcentaje de adición de cal hidratada por m<sup>3</sup> (2020).

**Tabla 72**

*Costos de los materiales necesarios para la elaboración de probetas de acuerdo al porcentaje de adición de cal hidratada para los ensayos a compresión*

<b>Costo de materiales para la elaboración de probetas (soles)</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Precio para 0% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 3% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 5% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 7% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 10% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 15% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>
Cemento	10.81	10.48	10.26	10.05	9.72	9.18
A.F.	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
A.G.	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
Agua	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.00	0.14	0.23	0.32	0.46	0.69
<b>Total</b>	<b>13.17</b>	<b>12.98</b>	<b>12.86</b>	<b>12.73</b>	<b>12.55</b>	<b>12.24</b>
<b>Total acumulado</b>			<b>76.53</b>			

*Nota:* Los costos son obtenidos para 9 probetas por cada adición de cal hidratada (2020).

**Tabla 73**

*Costos de los materiales necesarios para la elaboración de probetas por porcentaje de adición de cal hidratada para los ensayos de absorción*

<b>Costo de materiales para la elaboración de probetas de absorción (soles)</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Precio para 0% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 3% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 5% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 7% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 10% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Precio para 15% de Ca(OH)<sub>2</sub></b>
Cemento	0.678	0.658	0.645	0.631	0.611	0.577
A.F.	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058
A.G.	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
Agua	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.003	0.009	0.014	0.020	0.029	0.043
<b>Total</b>	<b>0.830</b>	<b>0.815</b>	<b>0.807</b>	<b>0.800</b>	<b>0.788</b>	<b>0.768</b>
<b>Total acumulado</b>	<b>4.81</b>					

*Nota:* Los costos son obtenidos para 2 probetas de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto por cada adición de cal hidratada (2020).

**Tabla 74**

*Costo de equipos y/o herramientas y mano de obra necesario para la elaboración de probetas*

<b>Costo de equipos y/o herramientas (soles)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Moldes	11	Und.	25	275
Balanza	1	Und.	8	24
Carretilla	1	Und.	6	36
Trompo	1	Und.	40	240
Transporte	1	Glb.	90	90
Otros	1	Glb.	270	270
<b>Total</b>				<b>935</b>

<b>Costo de mano de obra (soles)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
peón	6	hh	70	420

*Nota:* Costos obtenidos para las probetas ensayadas a compresión y probetas para los ensayos de absorción (2020)

#### 4.6. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 75

*Matriz de consistencia metodológica*

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
¿Cuáles son los resultados de la evaluación del concreto para edificaciones adicionando cal hidratada?	<b>Objetivo General</b>	La elaboración de concreto con cal hidratada en proporciones del 3%, 5%, 7%, 10% y 15% optimizará el comportamiento físico-mecánico del concreto.	<b>Variable Independiente</b>
	Evaluar el concreto para edificaciones adicionando cal hidratada a fin de sustituir parcialmente el porcentaje del cemento.		Cal hidratada
	<b>Objetivo Específico</b>		<b>Variable Dependiente</b> Concreto para edificaciones
	Evaluar las propiedades de resistencia y absorción del concreto simple al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por cal hidratada al 3%, 5%, 7%, 10% y 15% con la finalidad de comparar con un concreto $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .		<b>Tipo de Investigación</b> Aplicada
	Determinar la proporción óptima de cal hidratada para la obtención de un concreto de buena calidad.		<b>Diseño de la Investigación</b>
Cuantificar sus propiedades y características principales del concreto, realizando ensayos en estado endurecido con la finalidad de encontrar su variación con un concreto $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .	Experimental		
Comparar técnica y económicamente el concreto adicionando cal hidratada y el concreto convencional, a fin de conocer los parámetros de variación.	<b>Análisis de datos</b> Procesamiento de datos y gráficos: Microsoft Excel		

## CAPÍTULO V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Presentación, análisis, interpretación y discusión de resultados

#### 5.1.1. Propiedades físico – mecánicas de los componentes para las probetas

##### 5.1.1.1. Agregado grueso

**Tabla 76**

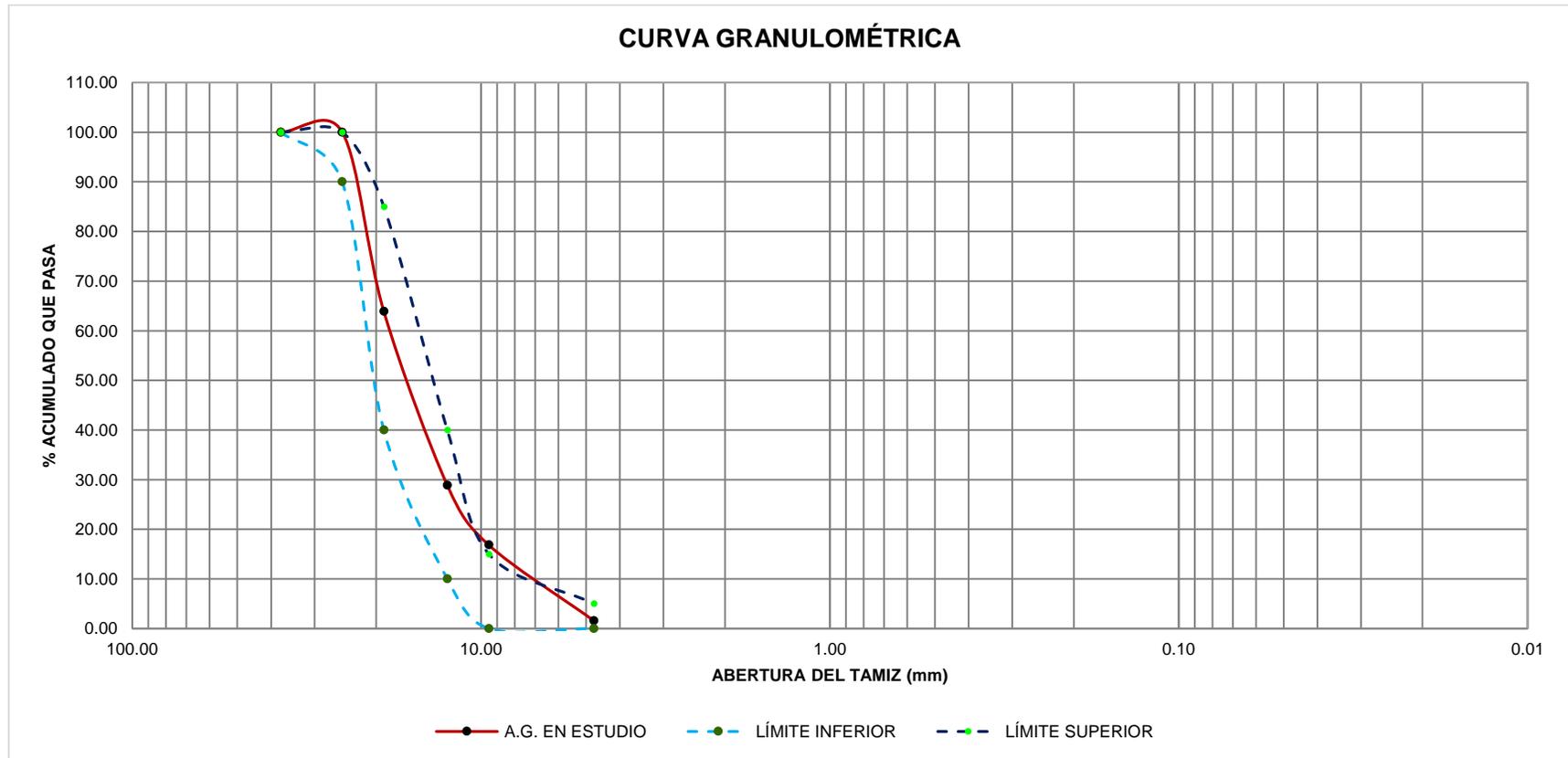
*Resumen de los datos del agregado grueso*

Descripción	Datos
<b>Granulometría</b>	
TMN	3/4"
MF	2.18
Contenido de humedad	0.26%
Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200	0.72%
Peso específico	2.62 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.69%
<b>Peso unitario</b>	
Peso unitario suelto	1375.83 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario variado	1534.86 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles	25.89%

*Nota:* Los datos fueron obtenidos de acuerdo a la normativa (2020).

**Figura 26**

*Curva granulométrica del agregado grueso*



*Nota:* La granulometría no cumple en el diámetro de 1" (2020).

### 5.1.1.2. Agregado fino

**Tabla 77**

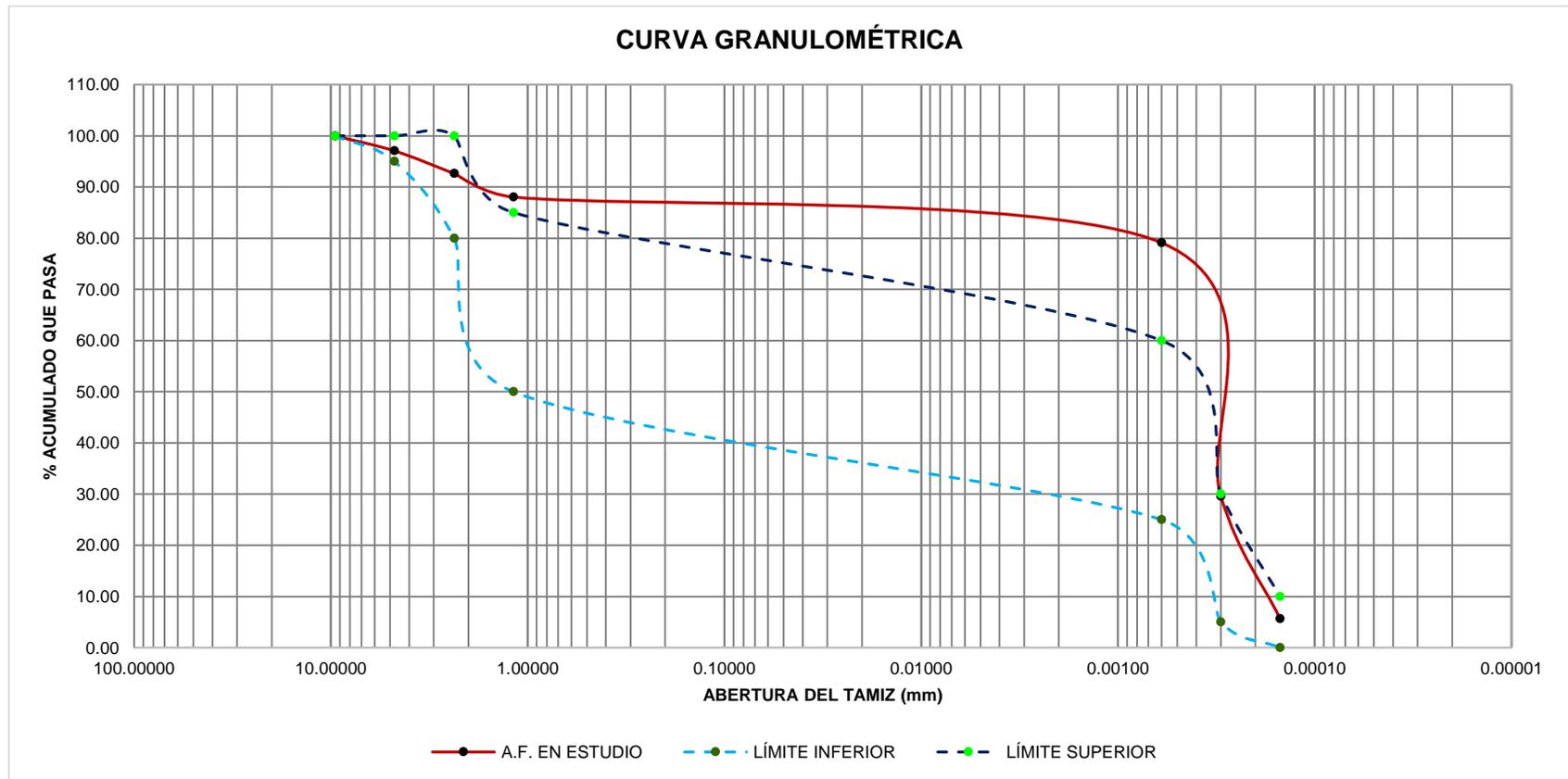
*Resumen de los datos del agregado fino*

<b>Descripción</b>	<b>Datos</b>
<b>Granulometría</b>	
TMN	#4
MF	2.27
Contenido de humedad	1.28%
Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200	6.38%
Peso específico	2.53 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.51%
<b>Peso unitario</b>	
Peso unitario suelto	1414.31 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario variado	1597.73 kg/m <sup>3</sup>

*Nota:* Los datos fueron obtenidos de acuerdo a la normativa (2020).

**Figura 27**

*Curva granulométrica del agregado fino*



*Nota:* La granulometría no cumple en la malla de #30 y #50 (2020).

En los datos obtenidos de los ensayos de los agregados se puede afirmar, que en algunos casos no cumplen con los parámetros que indica la norma, en el caso del agregado grueso el ensayo de granulometría (Curva granulométrica) no cumple en el diámetro de 3/4” y en el caso del agregado fino no cumple con la granulometría y su curva granulométrica está fuera de los límites o de los parámetros que la norma indica, en las mallas #30 y #50.

Según el RNE menciona que los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en la NTP, pueden ser utilizados siempre y cuando el constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias en obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requerida. Las obras que se construyen en la provincia de Chota, en el caso del abastecimiento del agregado fino, la procedencia es de la cantera de Conchán, misma que fue considerada para la presente investigación al igual que el agregado grueso, muchas obras emplean la misma cantera y han demostrado que con dichos agregados se llega a la resistencia óptima, además con esta investigación queda comprobada que la resistencia a compresión del concreto patrón ha cumplido con los parámetros que establece la norma y ha mejorado con la adición del 5% de cal hidratada, siendo esta la más óptima.

### 5.1.2. Ensayos realizados al concreto para las probetas

**Tabla 78**

*Resumen de los datos del concreto fresco con diferentes adiciones de cal hidratada*

<b>Descripción</b>	<b>Adición 0%</b>	<b>Adición 3%</b>	<b>Adición 5%</b>
Peso unitario	2344.29 kg/m <sup>3</sup>	2337.14 kg/m <sup>3</sup>	2327.14 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.4 in	3.3 in	3.3 in
Contenido de aire unitario	2.20%	2.00%	1.85%
Temperatura	17.6 °C	17.7 °C	17.7 °C

<b>Descripción</b>	<b>Adición 7%</b>	<b>Adición 10%</b>	<b>Adición 15%</b>
Peso unitario	2324.29 kg/m <sup>3</sup>	2321.43 kg/m <sup>3</sup>	2310.00 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	3.2 in	3.1 in	3.0 in
Contenido de aire unitario	1.75%	1.70%	1.50%
Temperatura	17.8 °C	17.8 °C	17.9 °C

*Nota:* Comparación para cada ensayo de acuerdo a la normativa (2019).

Se afirma que el peso unitario disminuye cada vez que se agregó un mayor porcentaje de cal hidratada, el asentamiento cada vez es menor y la temperatura es cada vez mayor, esto se debe al calor de hidratación de la cal, la cual lo vuelve un poco más seca a la mezcla de acuerdo a mayor porcentaje adicionado, el contenido de aire es cada vez menor, la cual se puede afirmar que a mayor porcentaje de cal hidratada existe menos vacíos en dicha mezcál. Además, mencionar que la adición de cal hidratada más óptima es con 3% y 5%, ya que, se tiene una mejor trabajabilidad de la mezcla.

### 5.1.3. Ensayos realizados a la probetas

**Tabla 79**

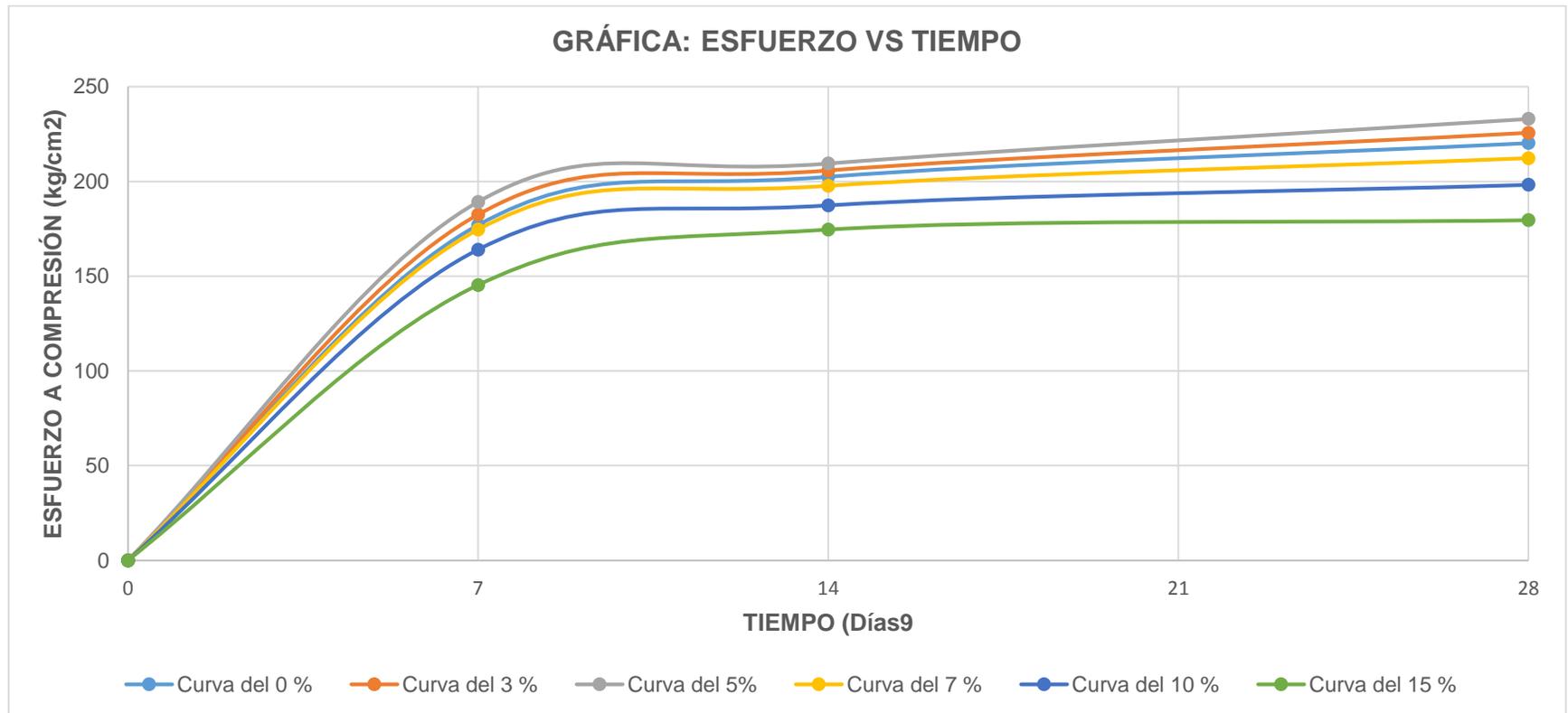
*Comparación de la resistencias a compresión de la probetas con diferentes porcentajes de adición de cal hidratada de acuerdo a la resistencia base*

<b>Número de días</b>	<b>Datos</b>	<b>Variación de la resistencia</b>	<b>Descripción</b>
28 días	220.23 kgf/cm <sup>2</sup>	100.00%	Con 0% de adición de cal hidratada
	225.65 kgf/cm <sup>2</sup>	102.47%	Con 3% de adición de cal hidratada
	233.03 kgf/cm <sup>2</sup>	105.81%	Con 5% de adición de cal hidratada
	212.30 kgf/cm <sup>2</sup>	96.41%	Con 7% de adición de cal hidratada
	198.23 kgf/cm <sup>2</sup>	90.01%	Con 10% de adición de cal hidratada
	179.56 kgf/cm <sup>2</sup>	81.53%	Con 15% de adición de cal hidratada

*Nota:* La resistencia base es cuando tiene 0% de cal hidratada (2020)

**Figura 28**

*Comparación de las curvas de esfuerzo a compresión vs tiempo*



*Nota: El 3% y 5% supera a la resistencia base y el 7%, 10% y 15% su resistencia es menor (2020)*

Al observar la gráfica y al comparar con la resistencia a la compresión base, se afirma que con el 3% y 5% se supera a la resistencia base, lo que no sucede con las adiciones de 7%, 10% y 15%, Además, se afirma que la adición de cal hidratada más óptimo en los ensayos a la compresión es para del 5% de adición de este material.

**Tabla 80**

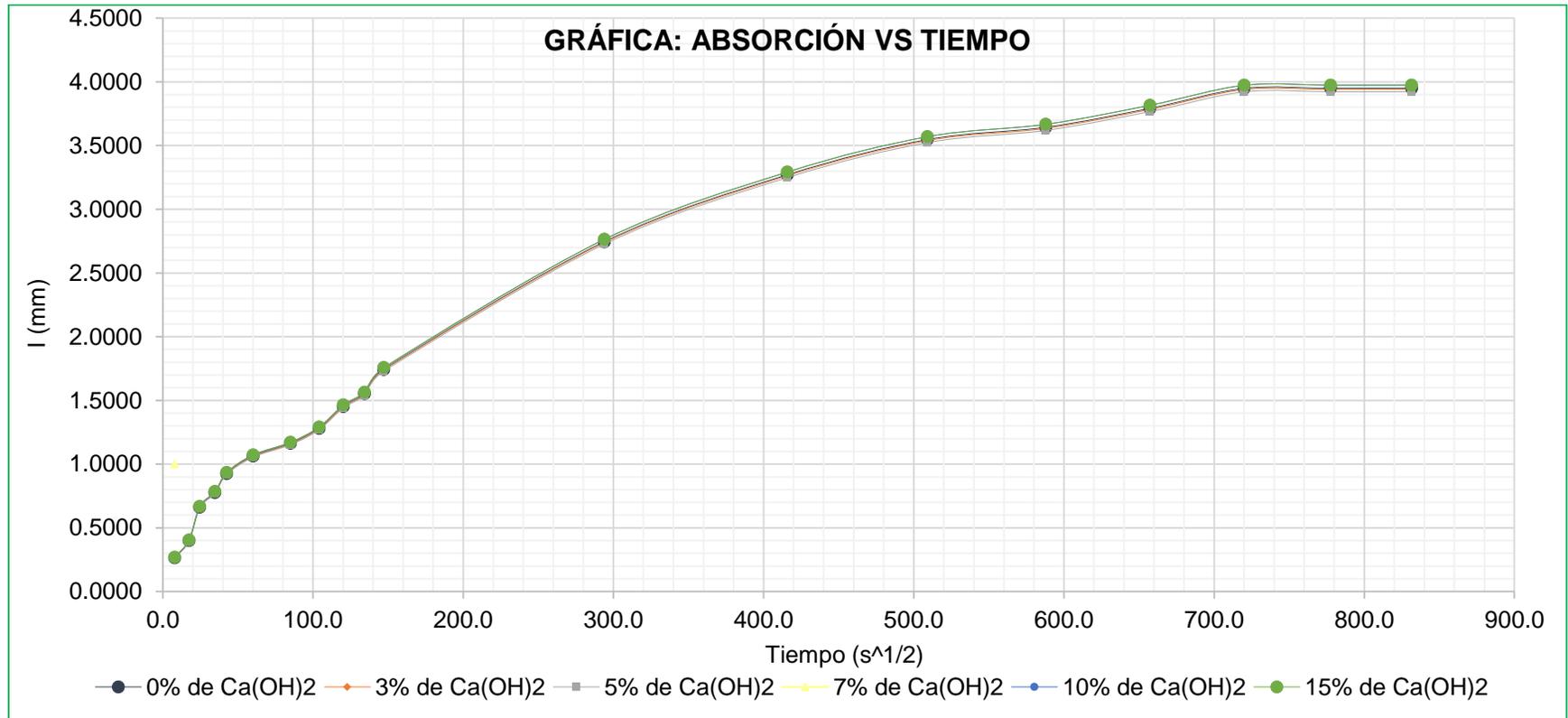
*Resumen de los datos de absorción de las probetas*

Número de días	Datos	Variación de la absorción	Descripción
90 días	3.9501 (mm)	0.00%	Con 0% de adición de cal hidratada
	3.9419 (mm)	- 0.21%	Con 3% de adición de cal hidratada
	3.9226 (mm)	- 0.7%	Con 5% de adición de cal hidratada
	3.9724 (mm)	0.56%	Con 7% de adición de cal hidratada
	3.9742 (mm)	0.61%	Con 10% de adición de cal hidratada
	3.9755 (mm)	0.64%	Con 15% de adición de cal hidratada

*Nota:* La absorción base es cuando tiene 0% de cal hidratada (2020)

**Figura 29**

*Comparación de las curvas de absorción vs tiempo*



*Nota:* Los datos base es cuando tiene una adición de 0% de cal hidratada (2020).

En el caso de la absorción, los resultados varían en un porcentaje bajo, como se observa en la gráfica, y se afirma que para el 3% y 5% de adición se encuentran por debajo de los resultados de las probetas patrón con un 0.21% y 0.70 %, lo que significa que con dichos porcentajes la absorción es menor, siendo el más óptimo para el 5% de adición, lo que no sucede con el 7%, 10% y 15%.

#### 5.1.4. Costos

**Tabla 81**

*Resumen de los costos de los materiales para cada diseño y ensayos de las probetas a compresión*

<b>Descripción</b>	<b>Suma total (soles)</b>	<b>Variación</b>
Para probetas con 0% de Ca(OH) <sub>2</sub>	13.17	0.00%
Para probetas con 3% de Ca(OH) <sub>2</sub>	12.98	-1.44%
Para probetas con 5% de Ca(OH) <sub>2</sub>	12.86	-2.35%
Para probetas con 7% de Ca(OH) <sub>2</sub>	12.73	-3.34%
Para probetas con 10% de Ca(OH) <sub>2</sub>	12.55	-4.71%
Para probetas con 15% de Ca(OH) <sub>2</sub>	12.24	-7.06%
Costo de equipos y/o herramientas	935	
Costo de mano de obra	420	

*Nota:* El precio base es cuando se tiene un 0% de adición de cal hidratada (2020).

## Tabla 82

*Resumen de los costos de los materiales para cada diseño y obtención de las probetas para los ensayos de absorción*

<b>Descripción</b>	<b>Suma total (soles)</b>	<b>Variación</b>
Para probetas con 0% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.83	0.00%
Para probetas con 3% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.82	-1.81%
Para probetas con 5% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.81	-2.75%
Para probetas con 7% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.80	-3.69%
Para probetas con 10% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.79	-5.10%
Para probetas con 15% de Ca(OH) <sub>2</sub>	0.77	-7.45%

*Nota:* El precio base es cuando se tiene un 0% de adición de cal hidratada (2020).

Al observar en la tabla 81, se puede afirmar que conforme se le adiciona cierto porcentaje de cal hidratada al concreto, el costo es menor ya que el precio de la cal hidratada es mucho menor que del cemento por lo tanto el costo baja proporcionalmente, lo mismo ocurre en la tabla 82 con el diseño de absorción. Además, se puede afirmar que con el 5% de adición se llega a un concreto más óptimo en lo que concierne a los ensayos de compresión y absorción, por ende al tener un costo menor que un concreto patrón es muy beneficioso tener un diseño con dicho porcentaje de esta manera estar beneficiando al cliente tanto en el aspecto técnico y económico.

Finalmente es necesario mencionar que los precios han sido obtenidos para 9 probetas por cada adición para los ensayos a compresión y dos probetas para los ensayos de absorción haciendo un total de 1436.34 soles.

## **5.2. Contrastación de la hipótesis**

Luego del análisis e interpretación de cada uno de los resultados con relación a la hipótesis de la investigación: “La adición de cal hidratada en proporciones de 3%, 5%, 7%, 10% y 15% optimizará el comportamiento físico-mecánico con respecto a un concreto tradicional para edificaciones”, se contrasta lo siguiente: que la resistencia a compresión a los 28 días de edad para la adición del 3% es mayor en un 2,47% y para la adición del 5% es mayor en un 5.81% respecto al concreto tradicional, siendo este último el más óptimo, lo que no sucede con los porcentajes de adición del 7%, 10% y 15 %, ya que con dichos porcentajes los resultados son menores, en el caso del ritmo de absorción, para una adición del 3% es menor en un 0.21% y para el 5% de adición es menor en un 0.71%, lo que no sucede con los porcentajes del 7%, 10% y 15% en la cual la absorción es mayor comparado con un concreto tradicional.

## CONCLUSIONES

Se evaluó las propiedades de resistencia y el ritmo de absorción de agua en el concreto simple al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por cal hidratada al 3%, 5%, 7%, 10% y 15% con la finalidad de comparar con un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó la proporción óptima de cal hidratada para la obtención de un concreto de buena calidad, siendo esta el 5% de adición tanto para los ensayos a compresión como para los de absorción.

Se cuantificó sus propiedades y características principales del concreto, realizando ensayos en estado endurecido con la finalidad de encontrar su variación con un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, la cual varió 5.81% sobre el concreto patrón de los ensayos a compresión y un 0.7% por debajo para la absorción del concreto, estos resultados son con el 5% de adición ya que es la proporción óptima.

Se comparó técnica y económicamente el concreto, con la adición de cal hidratada y el concreto convencional, a fin de conocer los parámetros de variación, en la cual disminuyó un 2.36% el costo del concreto con el porcentaje más óptimo.

## **RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS**

Se recomienda adicionar cal hidratada en proporciones no mayores al 5%, con respecto al diseño de un concreto patrón o tradicional.

Se recomienda realizar el estudio con porcentajes de 4% y 6% de adición de cal hidratada, ya que en la presente investigación no fue tomado dichos valores, de esta manera se evaluará si con estos porcentajes se llega o no a valores más óptimos.

Es importante incentivar a los estudiantes a investigar nuevas tecnologías y el nuevo uso de materiales que puedan adicionar parcialmente al cemento y de esta manera evaluar cuáles son los más óptimos tanto técnica como económicamente para favorecer a la comunidad entera.

Se recomienda a las empresas constructoras tomar en cuenta esta y otras investigaciones similares y aplicarlo en la construcción de elementos estructurales para edificaciones o de cualquier otro proyecto que implique el empleo de concreto, en la cual se estará brindando algunas alternativas para solucionar problemas que se presenta en obra tanto técnica como económica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albañilería, N. T. (2006). Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>
- ASOCEM. (2013). *Cemento: Léxico básico*. Obtenido de [http://web.asocem.org.pe/asocem/bib\\_img/98003-8-1.pdf?rand=713Jul2017060631](http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/98003-8-1.pdf?rand=713Jul2017060631)
- ASTM C 1585. (2004). *Método de ensayo normalizado para medir el ritmo de absorción de los hormigones de cemento hidráulico*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/332177802/Norma-ASTM-C-1585-04-EnEspañol>
- Calabuig Pastor, R. (2015). *Efecto de la adición de cal en las propiedades mecánicas y durabilidad de hormigones con altos contenidos en cenizas volantes silíceas [Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Valencia]*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59468/Calabuig%20-%20Efecto%20de%20la%20adici%C3%B3n%20de%20cal%20en%20las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20y%20durabilidad%20de%20hormigones%20c....pdf?sequence=1>
- Calco. (2017). *Ficha Técnica Cal Hidratada Tipo N*. Obtenido de [https://croper-production.s3.amazonaws.com/product\\_provider\\_files/files/000/007/304/original/FT-PR-03\\_CAL\\_HIDRATADA\\_TIPO\\_N\\_8146\\_.pdf](https://croper-production.s3.amazonaws.com/product_provider_files/files/000/007/304/original/FT-PR-03_CAL_HIDRATADA_TIPO_N_8146_.pdf)
- Chávez Paisig Billy, D. Á. (2015). *Plan Estratégico para el desarrollo de la Industria de la Cal en la Región Cajamarca. [Tesis de pos grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10234/CHAVEZ\\_DEL%20AGUILA\\_PLAN\\_CAL.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10234/CHAVEZ_DEL%20AGUILA_PLAN_CAL.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz Ponce, O. A. (2012). *La Evolución de la Industria del Cemento. Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3377\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3377_C.pdf)
- Durand Ciudad , A. J. (2017). *Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos*

*estructurales, Trujillo 2017 [Tesis de Pre Grado, Universidad Privada del Norte].*

Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12743/Durand%20Ciudad,%20Adriana%20Jes%C3%BA.pdf?sequence=1>

Lorca Aranda, P. (2014). *Efecto de la adición de hidróxido de calcio sobre mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza volante [Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Valencia].* Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39340/Lorca%20-%20EFECTO%20DE%20LA%20ADICI%C3%93N%20DE%20HIDR%C3%93XIDO%20C%C3%81LCICO%20SOBRE%20MEZCLAS%20CON%20ALTA%20SUSTITUCI%C3%93N%20DE%20CEMENTO%20P....pdf?sequence=1>

María Estrella Soledad Carvajal, C. C. (2017). *La Cal de Alta Pureza en la Conservación. Oxical.* Obtenido de <https://oxical.mx/manual-de-uso.pdf>

Montalván Girón, P. F. (2017). *Propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con aditivo plastificante y cal hidratada al 40%, 50% Y 60% [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].* Obtenido de

<https://docplayer.es/80440143-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-ingenieria-civil-tesis.html>

Museo Comarcal de Daimie. (2013). *II Jornadas de Historia de Daimiel.* Obtenido de <file:///C:/Users/Edward/Downloads/Dialnet-RecuperacionYConservacionDeLasCalerasTradicionales-4314419.pdf>

NTP 334.009. (2019). *CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos. MODIFICACIÓN TÉCNICA 1. 1ª Edición.* Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/buscadocdet.aspx?id=28454>

NTP 334.090 . (2019). *CEMENTOS. Cemento Pórtland adicionados. Requisitos.MODIFICACIÓN TÉCNICA 1. 1ª Edición.* Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=28458>

NTP 339.034 . (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª Edición.*

Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22254>

NTP 339.035 . (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª Edición.*

Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22254>

NTP 339.046 . (2018). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición.* Obtenido de

<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/buscadocdet.aspx?id=28185>

NTP 339.047 . (2015). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados.* Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21606>

NTP 339.081 . (2018). *CONCRETO. Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco. 3ª Edición.* Obtenido de

<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25029>

NTP 339.082 . (2018). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición.*

Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25030>

NTP 339.088 . (2015). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.* Obtenido de

<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21607>

NTP 339.183 . (2018). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª Edición.* Obtenido de

<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26413>

- NTP 339.185 . (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2ª Edición*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26415>
- NTP 400.011. (2018). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª Edición*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26422>
- NTP 400.012 . (2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª Edición*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26423>
- NTP 400.017 . (2016). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22884>
- NTP 400.018 . (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu$ m (Nº 200) por lavado en agregados*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/428336447/NTP-400-018-2013-AGREGADOS-Metodo-Materiales-mas-finos-que-pasan-por-el-tamiz-N-200-por-lavado-en-agregados>
- NTP 400.019 . (2014). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21454>
- NTP 400.021. (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3a Edición*. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26426>
- NTP 400.022 . (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3a Edición*.

Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26427>

NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. 4ª Edición.*

Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25099>

Pacco Mescoco, J. F. (2016). *Efecto de la adición de cal en la resistencia a compresión de un concreto [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno].*

Obtenido de

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3677/Pacco\\_Mescoco\\_Juan\\_Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3677/Pacco_Mescoco_Juan_Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pacco Mescoco, J. F. (2016). *EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO. [Tesis de pre grado].* Obtenido de

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3677/Pacco\\_Mescoco\\_Juan\\_Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3677/Pacco_Mescoco_Juan_Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Palma Linares, V. (2009). *Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. Centro Universitario Tenancingo Universidad Autónoma del Estado de México.* Obtenido de <file:///C:/Users/Edward/Downloads/Dialnet-HistoriaDeLaProduccionDeCalEnElNorteDeLaCuencaDeMe-5035076.pdf>

Polanco Juan, S. J. (s/f). *Cementos, Morteros y Hormigones. Dpto. de Ciencias e Ingeniería del Terreno y de los Materiales.* Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de

[https://ocw.unican.es/pluginfile.php/811/course/section/868/1\\_Cementos.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/811/course/section/868/1_Cementos.pdf)

QUIMINSA. (2018). *Hoja de seguridad cal hidratada.* Obtenido de [http://files8.design-editor.com/94/9409855/UploadedFiles/9330CADF-3BBC-DCF3-4550-](http://files8.design-editor.com/94/9409855/UploadedFiles/9330CADF-3BBC-DCF3-4550-2E8D5D73CF96.pdf)

[2E8D5D73CF96.pdf](http://files8.design-editor.com/94/9409855/UploadedFiles/9330CADF-3BBC-DCF3-4550-2E8D5D73CF96.pdf)

Rivera L, G. A. (s/f). *Dosificación de mezclas de concreto. Concreto simple.* Obtenido de

<https://es.slideshare.net/rubenparilaura/diseo-de-mezclas-de-concreto-aci-211-pdf-ingenieroscivileswebcom>

Sanjuán Miguel, S. Y. (s/f). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento porland*. Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>

Usedo Valles, R. M. (2015). *Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf>

Valdés Krieg, A. (22 de Marzo de 2017). *Durabilidad del concreto: Conceptos y sostenibilidad*. Obtenido de <http://www.hormigonespecial.com/blog/?p=349>

Valdés Krieg, A. (2017). *Durabilidad del Concreto: Conceptos y Sostenibilidad. Hormigón Liger*. Obtenido de <http://www.hormigonespecial.com/blog/?p=349>

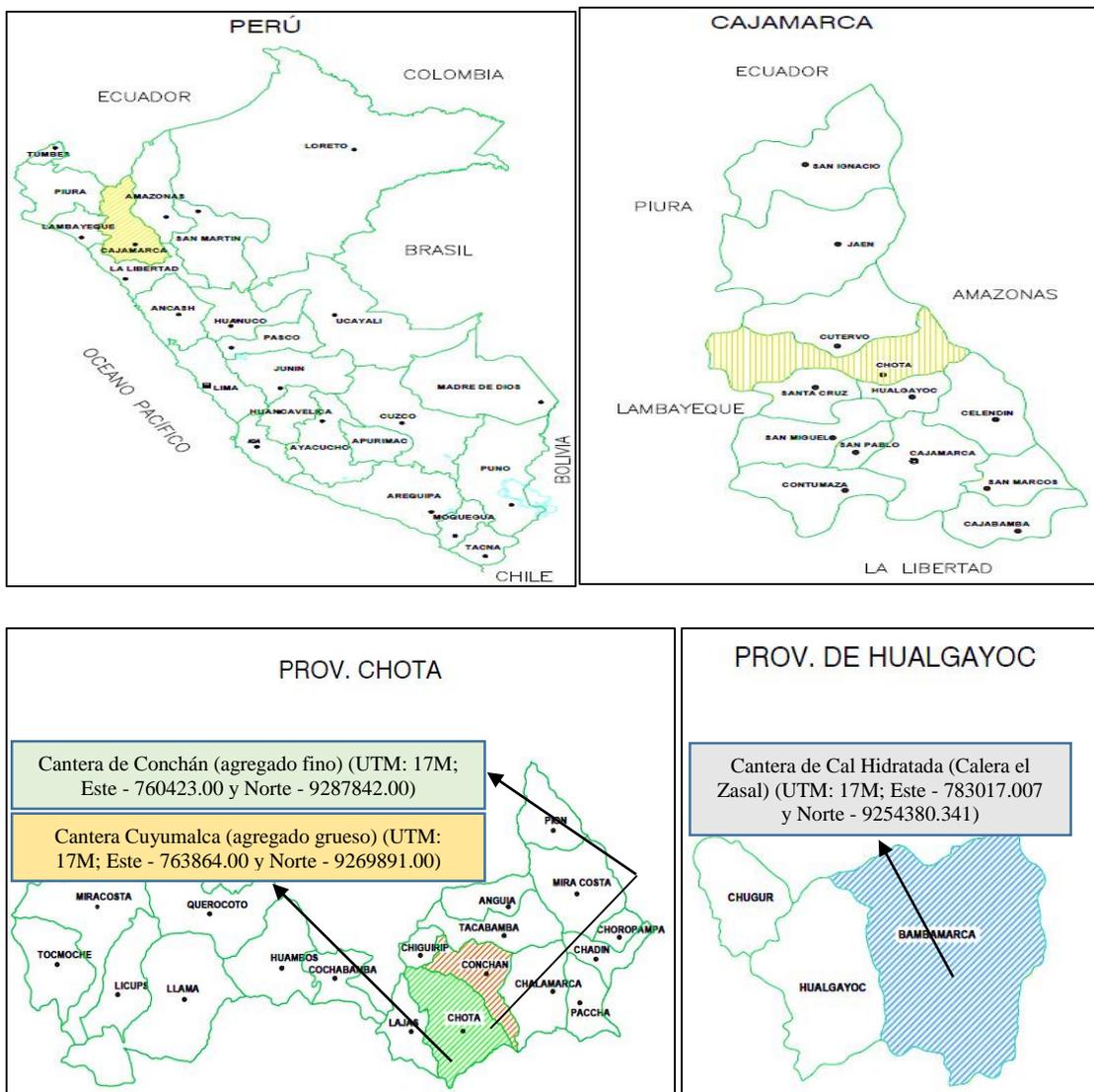
Valdivieso Noboa , J. E. (2012). *Diseño del Proceso de Elaboración de Empaste para Interiores y Exteriores con el Uso de Polvo de Cal y Resina. Escuela Superior Politécnica de Chimote*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2034/1/96T00176.pdf>

## ANEXOS

### Mapa de ubicación geográfica de la investigación

Figura 30

Mapas con la ubicación de los distintos lugares de donde se extrajo el agregado fino, agregado grueso y cal hidratada



*Nota:* El estudio se realizó con los distintos materiales del distrito de Chota, distrito de Conchán y distrito de Bambamarca (2019).

## Panel fotográfico

### Figura 31

*Varillado para el ensayo de peso unitario variado del agregado grueso*



*Nota:* Se proporciona 25 golpes por cada tercio del volumen del molde (2019).

### Figura 32

*Extracción del agregado grueso después de la saturación en agua para el ensayo de peso específico y absorción*



*Nota:* El agregado solo debe tener la superficie seca luego del secado con una franela (2019).

### Figura 33

*Preparación del agregado fino para realizar el ensayo de peso específico y absorción.*



*Nota: Ensayo con el cono y pisón previo al ensayo de peso específico y absorción (2019).*

### Figura 34

*Toma de temperatura de la muestra de agregado fino en el baño maría*



*Nota: Se coloca la fiola en el baño maría para extraer las burbujas del interior (2019).*

### Figura 35

*Extracción del agregado grueso de la máquina los ángeles después de las 500 rpm*



*Nota: Se realizó mediante el método B con 11 esferas (2019).*

### Figura 36

*Tamizado del agregado grueso luego de la extracción de la máquina los ángeles*



*Nota: Se realizó el tamizado a través el tamiz número 12 (2019).*

### Figura 37

*Cuarteo del agregado grueso para la realización de la granulometría*



*Nota: Se cuartea para homogenizar el material (2019).*

### Figura 38

*Granulometría del agregado grueso en el respectivo tamizador*



*Nota: El tiempo de tamizado es de 10 minutos como máximo (2019).*

### Figura 39

*Colocación de tamices para el ensayo de granulometría del agregado fino*



*Nota: La arena no debe presentar una humedad alta (2019).*

### Figura 40

*Colocación de la muestra en el horno para realizar el respectivo secado*



*Nota: La temperatura debe ser 110 °C +/- 5 °C (2019).*

## Figura 41

*Probetas para la realización de ensayo del ritmo de absorción de agua del concreto*



Nota: Para el ensayo se divide en tres partes y se selecciona la parte central de la probeta (2019).

## Figura 42

*Rotura de probeta con 0% de adición ensayada a compresión*



Nota: La carga debe ser distribuida en toda el área de la probeta (2019).

### Figura 43

*Rotura de probeta con 5% de adición ensayada a compresión*



Nota: La carga debe ser distribuida en toda el área de la probeta (2019).

### Figura 44

*Rotura de probeta con 10% de adición ensayada a compresión*



Nota: La carga debe ser distribuida en toda el área de la probeta (2019).

## Figura 45

*Rotura de probeta con 15% de adición ensayada a compresión*



Nota: La carga debe ser distribuida en toda el área de la probeta (2019).

## Figura 46

*Obtención de la Cal Hidratada de la Calera el Zasal*



Nota: Cantera ubicada en el distrito de Bambamarca (2019).

# Certificado de calidad del cemento



## CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La colonia Nro. 150 Uda. El Vivero de Montarrieso Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Kms. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6090



G-CC-F-04  
Versión 04

Planta: Pacasmayo

### Cemento Portland Tipo I

11 de Diciembre de 2019

Periodo de despacho 01 de Noviembre de 2019 - 30 de Noviembre de 2019

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	1.9
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6

#### FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
<b>Contenido de aire del mortero (volumen %)</b>	12 máx.	7
<b>Superficie específica (cm<sup>2</sup>/g)</b>	2600 mín.	3952
<b>Expansión en autoclave (%)</b>	0.80 máx.	0.05
<b>Densidad (g/mL)</b>	A	3.09
<b>Resistencia a la compresión min, (MPa)</b>		
1 día	A	15.2
3 días	12.0	29.4
7 días	19.0	36.0
28 días <sup>(1)</sup>	28.0	44.0
<b>Tiempo de fraguado, minutos, Vicat</b>		
Inicial, no menor que:	45	146
Final, no mayor que:	375	244

A No específica.

<sup>(1)</sup> Requisito opcional.

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Octubre del 2019.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

## Análisis Fisicoquímico de la cal hidratada



INGECONSULT & LAB S.R.L.  
ANÁLISIS CONSULTORES S.R.L.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

### **ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CAL HIDRATADA**

**SOLICITA** : EDUAR ELÍ OBLITAS SÁNCHEZ  
**TESIS** : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO PARA EDIFICACIONES  
ADICIONANDO CAL HIDRATADA, BAMBAMARCA."  
**PROCEDENCIA** : BAMBAMARCA - CAJAMARCA  
**CALERA** : EL ZASAL - BAMBAMARCA  
**FECHA** : 02/12/2019

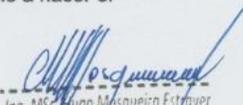
#### I. ANÁLISIS QUÍMICO:

DETERMINACIÓN QUÍMICA		RESULTADOS %
hidróxido de calcio	Ca(OH) <sub>2</sub>	84.20
óxido de calcio	CaO	74.30
óxido férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.073
óxido de magnesio	MgO	0.604
óxido de silicio	SiO <sub>2</sub>	2.00
Óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57

#### II. ANÁLISIS FÍSICO:

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Contenido de aire (%)	5.5
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2.22
Peso molecular (Kg/mol)	63.5
Granulometría	Pasa el 100% la malla # 200
Contenido de humedad (%)	0.51

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio, la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.

  
Ing. MSc. Hugo Mesqueira Estrayer  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 27664

Formatos con el procesamiento de datos con cada uno de los ensayos de los materiales certificados por el encargado del laboratorio

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



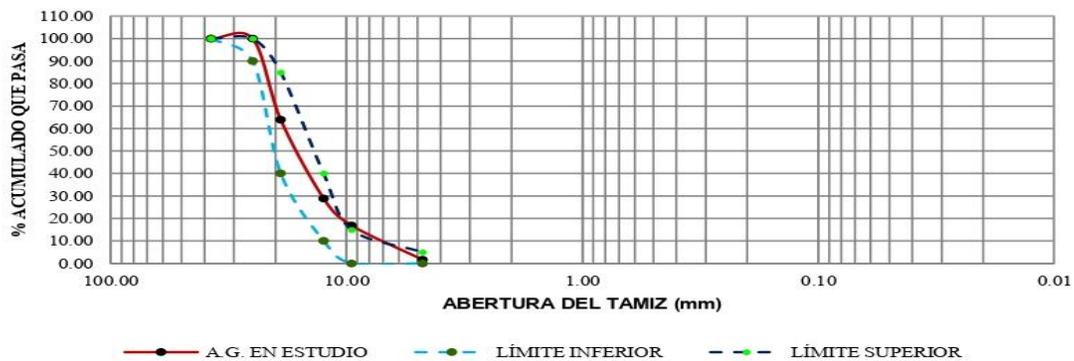
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado grueso - muestra 01**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	8018.15 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.00				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
<b>Nº tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
2"	50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.0 mm	2894.00 g	36.09%	36.09%	63.91%
1/2"	12.7 mm	2808.50 g	35.03%	71.12%	28.88%
3/8"	9.51 mm	965.10 g	12.04%	83.16%	16.84%
#4	4.76 mm	1222.30 g	15.24%	98.40%	1.60%
Fondo	-----	127.90 g	1.60%	100.00%	0.00%
<b>Total, final (Peso después del tamizado)</b>		8017.80 g	100.00%	-----	-----
<b>TMN:</b>		3/4"	<b>MF:</b>		2.18

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en el diámetro de 3/8").

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



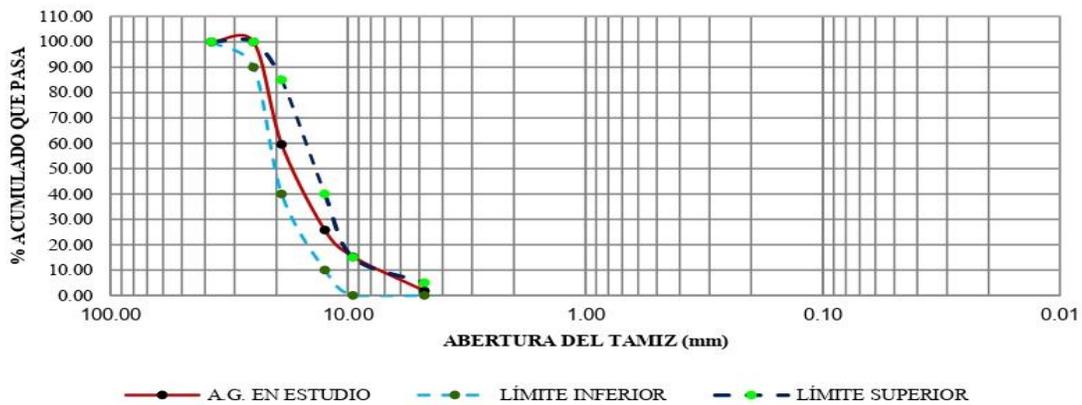
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado grueso - muestra 02**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	8018.10 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.00				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
2"	50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.0 mm	3240.50 g	40.42%	40.42%	59.58%
1/2"	12.7 mm	2711.50 g	33.82%	74.24%	25.76%
3/8"	9.51 mm	840.20 g	10.48%	84.72%	15.28%
#4	4.76 mm	1079.80 g	13.47%	98.19%	1.81%
Fondo	-----	145.40 g	1.81%	100.00%	0.00%
Total, final (Peso después del tamizado)		8017.40 g	100.00%	-----	-----
TMN:		3/4"	MF:		2.23

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en el diámetro de 3/8").

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



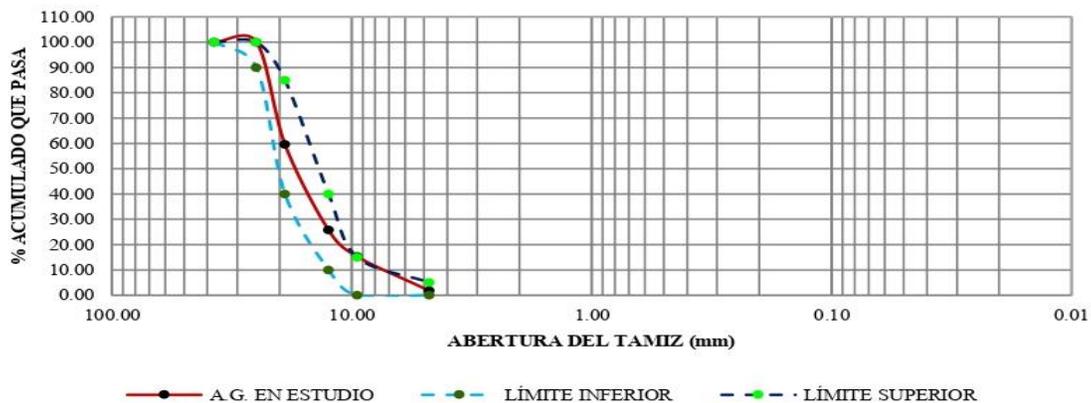
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado grueso - muestra 03**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	8018.20 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.00				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
Nº tamiz	Abertura del tamiz	Masa retenida	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado
2"	50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	37.5 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4 mm	0.00 g	0.00%	00.00%	100.00%
3/4"	19.0 mm	2547.50 g	31.77%	31.77%	68.23%
1/2"	12.7 mm	2905.20 g	36.23%	68.00%	32.00%
3/8"	9.51 mm	1090.20 g	13.60%	81.60%	18.40%
#4	4.76 mm	1364.90 g	17.02%	98.62%	1.38%
Fondo	-----	110.40 g	1.38%	100.00%	0.00%
Total, final (Peso después del tamizado)		8018.20 g	100.00%	-----	-----
TMN:		3/4"	MF:		2.12

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en el diámetro de 3/8").

**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**Cecilia E. Benavidez Nunez**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176624

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



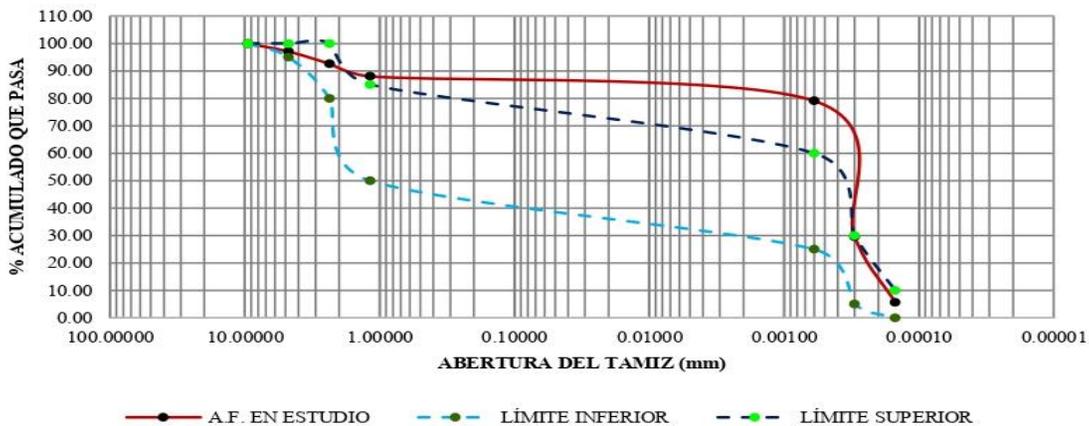
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado fino - muestra 01**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	1000 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.00				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
N° tamiz	Abertura del tamiz	Masa retenida	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado
3/8"	0.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	37.40 g	3.74%	3.74%	96.26%
# 8	2.36 mm	55.60 g	5.56%	9.30%	90.70%
# 16	1.18 mm	56.40 g	5.64%	14.94%	85.06%
# 30	600.00 um	102.80 g	10.28%	25.22%	74.78%
# 50	300.00 um	517.90 g	51.79%	77.01%	22.99%
# 100	150.00 um	192.50 g	19.25%	96.26%	3.74%
Fondo	-----	37.40 g	3.74%	100.00%	0.00%
Total, final (Peso después del tamizado)		1000.00 g	100.00%	-----	-----
TMN:		#4	MF:		2.27

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en la malla #16 y #30).

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



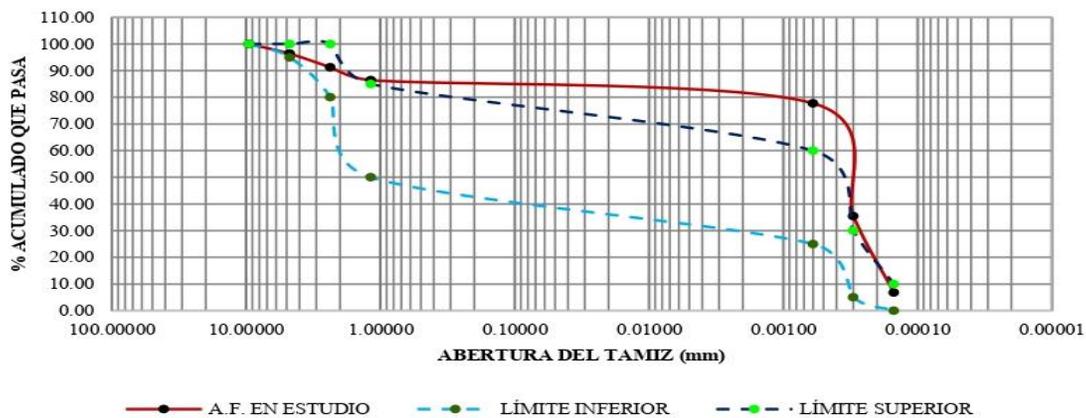
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado fino – muestra 02**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	1000 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.00				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
N° tamiz	Abertura del tamiz	Masa retenida	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado
3/8"	0.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	37.70 g	3.77%	3.77%	96.23%
# 8	2.36 mm	56.10 g	5.61%	9.38%	90.62%
# 16	1.18 mm	55.90 g	5.59%	14.97%	85.03%
# 30	600.00 um	104.30 g	10.43%	25.40%	74.60%
# 50	300.00 um	518.40 g	51.84%	77.24%	22.76%
# 100	150.00 um	191.30 g	19.13%	96.37%	3.63%
Fondo	-----	36.30 g	3.63%	100.00%	0.00%
Total, final (Peso después del tamizado)		1000.00 g	100.00%	-----	-----
TMN:		#4	MF:		2.27

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en la malla #16 y #30).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



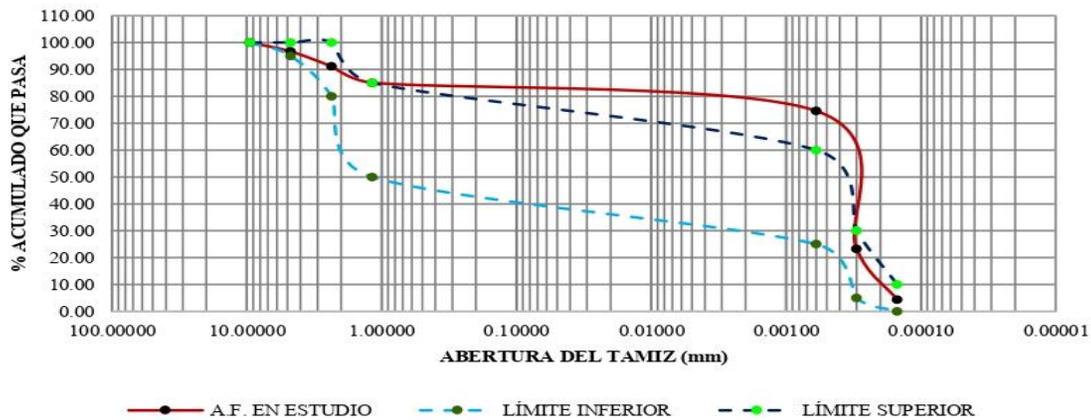
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Análisis granulométrico del agregado fino - muestra 03**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca				
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	1000 g				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.012: 2013 (Revisada 2018)				
<b>PÉRDIDA DE LA MUESTRA EN PORCENTAJE (%):</b>	0.1				
<b>FECHA:</b>	28 y 29 de noviembre de 2019				
<b>N° tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Masa retenida</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Porcentaje retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulado</b>
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
# 4	4.75 mm	35.20 g	3.52%	3.52%	96.48%
# 8	2.36 mm	57.20 g	5.72%	9.24%	90.76%
# 16	1.18 mm	56.30 g	5.63%	14.87%	85.13%
# 30	600.00 um	103.10 g	10.31%	25.18%	74.82%
# 50	300.00 um	517.10 g	51.72%	76.90%	23.10%
# 100	150.00 um	195.90 g	19.59%	96.49%	3.51%
Fondo	-----	35.10 g	3.51%	100.00%	0.00%
Total, final (Peso después del tamizado)		999.90 g	100.00%	-----	-----
TMN:		#4	MF:		2.26

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera (no cumple con la normativa en la malla #16 y #30).

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para el contenido de humedad total  
 evaporable del agregado grueso por secado**

<b>ORIGEN:</b>	Chota - Chota - Cajamarca
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 4000.00 g
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.185: 2013 (Revisada 2018)
<b>FECHA:</b>	17 y 18 de diciembre del 2020

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	254.90 g	113.70 g	113.70 g
Peso del recipiente + muestra húmeda	4254.90 g	4113.70 g	4113.68 g
Peso del recipiente + muestra seca	4244.80 g	4103.60 g	4103.10 g
Peso de la muestra húmeda	4000.00 g	4000.00 g	3999.98 g
Peso de la muestra seca	3989.90 g	3989.90 g	3989.40 g
Peso del agua	10.10 g	10.10 g	10.58 g
Contenido de humedad	0.25%	0.25%	0.27%
Contenido de humedad (Promedio)	0.26%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**

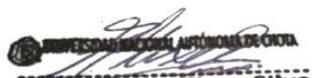


**Método de ensayo normalizado para el contenido de humedad total  
 evaporable del agregado fino por secado**

<b>ORIGEN:</b>	Chota - Chota - Cajamarca
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 1000.00 g
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.185: 2013 (Revisada 2018)
<b>FECHA:</b>	17 y 18 de diciembre del 2020

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	95.00 g	90.80 g	90.80 g
Peso del recipiente + muestra húmeda	1095.00 g	1090.80 g	1090.80 g
Peso del recipiente + muestra seca	1082.50 g	1078.20 g	1078.12 g
Peso de la muestra húmeda	1000.00 g	1000.00 g	1000.00 g
Peso de la muestra seca	987.50 g	987.40 g	987.32 g
Peso del agua	12.50 g	12.60 g	12.68 g
Contenido de humedad	1.27%	1.28%	1.28%
Contenido de humedad (Promedio)	1.28%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176624

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos  
que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en el  
agregado grueso**

<b>ORIGEN:</b>	Chota - Chota - Cajamarca
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 3000 g
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.018: 2013 (Revisada 2018)
<b>FECHA:</b>	16 de diciembre del 2019

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	888.80 g	888.85 g	888.80 g
Peso del recipiente + muestra	3888.80 g	3888.85 g	3888.80 g
Peso seco de la muestra	3000.00 g	3000.00 g	3000.00 g
Peso del recipiente + muestra lavada seca	3867.80 g	3865.45 g	3868.80 g
Peso seco de la muestra ensayada	2979.00 g	2976.60 g	2980.00 g
Material que pasa la malla # 200	21.00 g	23.40 g	20.00 g
Porcentaje que pasa la malla # 200	0.70%	0.78%	0.67%
Porcentaje promedio que pasa la malla # 200	0.72%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera.

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
**ENCARGADO DE LABORATORIO**  
**DE ENSAYO DE MATERIALES**

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NÚÑEZ**  
**INGENIERA CIVIL**  
**Reg. C.I.P. N° 176824**

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos  
que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en el  
agregado fino**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 2000 g
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.018: 2013 (Revisada 2018)
<b>FECHA:</b>	16 de diciembre del 2019

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	498.55 g	1646.15 g	1657.25 g
Peso del recipiente + muestra	2498.55 g	3646.15 g	3657.25 g
Peso seco de la muestra	2000.00 g	2000.00 g	2000.00 g
Peso del recipiente + muestra lavada seca	2370.90 g	3518.80 g	3529.50 g
Peso seco de la muestra ensayada	1872.35 g	1872.65 g	1872.25 g
Material que pasa la malla # 200	127.65 g	127.35 g	127.75 g
Porcentaje que pasa la malla # 200	6.38%	6.37%	6.39%
Porcentaje promedio que pasa la malla # 200	6.38%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera.

**Alex Ricardo Cleza Silva**  
ENCARGADO DE LABORATORIO  
DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (peso específico) del agregado grueso**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca		
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 5000 g como mínimo		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.021: 2013 (Revisada 2018)		
<b>FECHA:</b>	09, 10 y 11 de diciembre del 2020		
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso del recipiente	883.12 g	297.13 g	183.20 g
Peso de la muestra inicial + recipiente	5933.22 g	5355.83 g	5198.30 g
Peso de la muestra seca en el aire	5050.10	5058.70 g	5015.10 g
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente	5967.80 g	5390.70 g	5232.60 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	5084.68 g	5093.57 g	5049.40 g
Peso en el agua de la muestra saturada	3165.70 g	3172.20 g	3117.70 g
Peso final de la muestra + recipiente	5880.30 g	5307.40 g	5150.60 g
Peso final de la muestra después de la estufa	4997.18 g	5010.27 g	4967.40 g
Densidad del agua	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa (pem)	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.60 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.61 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente (Pea)	2.68 g/cm <sup>3</sup>	2.68 g/cm <sup>3</sup>	2.64 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa (pem) Promedio	2.62 g/cm <sup>3</sup>		
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) Promedio	2.63 g/cm <sup>3</sup>		
Peso específico aparente (Pea) Promedio	2.66 g/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NÚÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la absorción del  
agregado grueso**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 5000 g
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.021: 2013 (Revisada 2018)
<b>FECHA:</b>	09, 10 y 11 de diciembre del 2020

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra			
Peso del recipiente	883.12 g	297.13 g	183.20 g
Peso de la muestra inicial + recipiente	5933.22 g	5355.83 g	5198.30 g
Peso de la muestra seca en el aire	5050.10 g	5058.70 g	5015.10 g
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente	5967.80 g	5390.70 g	5232.60 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	5084.68 g	5093.57 g	5049.40 g
Peso final de la muestra + recipiente	5880.30 g	5307.40 g	5150.60 g
Peso final de la muestra después de la estufa	4997.18 g	5010.27 g	4967.40 g
Absorción (Ab)	0.68%	0.69%	0.68%
Absorción (Ab) Promedio	0.69%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
**ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
**INGENIERA CIVIL**  
**Reg. CIP. N° 176824**

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (peso específico) del agregado fino**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca		
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 500.00 g		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.022: 2013 (Revisada 2018)		
<b>FECHA:</b>	11, 12 y 13 de diciembre del 2020		
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (S)	500.00 g	500.00 g	500.00 g
Peso de la fiola (500 ml)	182.80 g	182.80 g	182.80 g
Peso de la fiola llenado con agua hasta la marca de calibración (B)	680.40 g	680.40 g	680.40 g
Peso de la fiola lleno de la muestra y de agua hasta la marca de calibración (C)	986.05 g	986.06 g	986.02 g
Peso de la tara	498.60 g	498.60 g	498.60 g
Peso final de la muestra + tara	991.14 g	991.15 g	991.13 g
Peso de la muestra seca en el horno (A)	492.54 g	492.55 g	492.53 g
Densidad del agua	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>	0.999 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Seca en el horno)	2.53 g/cm <sup>3</sup>	2.53 g/cm <sup>3</sup>	2.53 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Saturada superficialmente seca)	2.57 g/cm <sup>3</sup>	2.57 g/cm <sup>3</sup>	2.57 g/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>
Densidad (Seca en el horno) Promedio	2.53 g/cm <sup>3</sup>		
Densidad (Saturada superficialmente seca) Promedio	2.57 g/cm <sup>3</sup>		
Densidad aparente (Promedio)	2.63 g/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la absorción del  
 agregado fino**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca		
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>	Para cada ensayo 500.00 g		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.022: 2013 (Revisada 2018)		
<b>FECHA:</b>	11, 12 y 13 de diciembre del 2020		
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (S)	500.00 g	500.00 g	500.00 g
Peso de la tara	498.6 g	498.6 g	498.6 g
Peso final de la muestra + tara	991.14 g	991.15 g	991.13 g
Peso de la muestra seca en el horno (A)	492.54 g	492.55 g	492.53 g
Absorción (Ab)	1.51%	1.51%	1.52%
Absorción (Ab) Promedio	1.51%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“peso unitario”) del agregado grueso**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.017: 2011 (Revisada 2016)
<b>FECHA:</b>	02 y 03 de diciembre de 2019

**Peso unitario suelto**

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra	01	02	03
Peso del molde	4.66 kg	4.66 kg	4.66 kg
Peso del molde + material	17.35 kg	17.41 kg	17.12 kg
Volumen del molde	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>
Peso del material	12.69 kg	12.75 kg	12.46 kg
Densidad de masa	1379.35 kg/m <sup>3</sup>	1389.88 kg/m <sup>3</sup>	1358.27 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1375.83 kg/m <sup>3</sup>		

**Peso unitario variado**

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra	01	02	03
Peso del molde	4.66 kg	4.66 kg	4.66 kg
Peso del molde + material	18.73 kg	18.76 kg	18.73 kg
Volumen del molde	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>
Peso del material	14.07 kg	14.10 kg	14.07 kg
Densidad de masa	1533.77 kg/ m <sup>3</sup>	1537.04 kg/ m <sup>3</sup>	1533.77 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1534.86 kg/m <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“peso unitario”) del agregado fino**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.017: 2011 (Revisada 2016)
<b>FECHA:</b>	02 y 03 de diciembre de 2019

**Peso unitario suelto**

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra	01	02	03
Peso del molde	1.65 kg	1.65 kg	1.65 kg
Peso del molde + material	5.64 kg	5.65 kg	5.64 kg
Volumen del molde	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>
Peso del material	3.99 kg	4.01 kg	3.99 kg
Densidad de masa	1412.10 kg/m <sup>3</sup>	1418.33 kg/m <sup>3</sup>	1428.49 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1414.31 kg/m <sup>3</sup>		

**Peso unitario variado**

Descripción	Datos y resultados		
	01	02	03
Muestra	01	02	03
Peso del molde	1.65 kg	1.65 kg	1.65 kg
Peso del molde + material	6.12 kg	6.07 kg	6.14 kg
Volumen del molde	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>	0.0028 m <sup>3</sup>
Peso del material	4.47 kg	4.42 kg	4.50 kg
Densidad de masa	1582.89 kg/m <sup>3</sup>	1564.67 kg/m <sup>3</sup>	1591.63 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de masa (Promedio)	1597.73 kg/m <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado fino tal y como se extrajo de la cantera.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la degradación en el agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles**

<b>ORIGEN:</b>	Chota – Chota – Cajamarca		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 400.019: 2014 (Revisada 2019)		
<b>FECHA:</b>	04, 05 y 06 de diciembre de 2020		
Descripción	Datos y resultados		
Muestra	01	02	03
Peso del recipiente	85.80 g	85.80 g	85.80 g
Peso del recipiente + muestra de 1/2"	2585.80 g	2585.80 g	2585.80 g
Peso del recipiente + muestra de 3/8"	2585.80 g	2585.80 g	2585.80 g
Peso del recipiente + muestra inicial (Después del secado)	5085.80 g	5085.80 g	5085.80 g
Muestra inicial (Después del secado)	5000.00 g	5000.00 g	5000.00 g
Peso de muestra seca que no pasa el tamiz #12, después del lavado + recipiente	3791.40 g	3794.30 g	3789.90 g
Peso de muestra seca que no pasa el tamiz #12, después del lavado	3705.60 g	3706.50 g	3704.10 g
Peso de muestra seca que pasa el tamiz #12, después del lavado.	1294.40 g	1293.50 g	1295.90 g
Pérdida	25.89%	25.87%	25.92%
Pérdida (Promedio)	25.89%		

**OBSERVACIONES:** Este ensayo fue realizado al agregado grueso tal y como se extrajo de la cantera. Se utilizó la graduación B según la normativa.

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

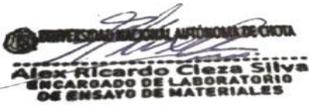
**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176624

**Asesor**

Formatos con el procesamiento de datos con cada uno de los ensayos a compresión del concreto certificado por el encargado del laboratorio

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

 <b>LABORATORIO DE MATERIALES</b> 			
<b>INFORME DE ENSAYO</b>			
<b>Ensayo a compresión de probetas</b>			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	0%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
<b>Fecha de elaboración</b>	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
<b>Fecha de rotura</b>	26/12/2019	26/12/2019	26/12/2019
<b>Edad</b>	07 días	07 días	07 días
<b>Longitud</b>	30.10 cm	30.10 cm	30.00 cm
<b>Diámetro</b>	15.00 cm	15.00 cm	14.80 cm
<b>Área</b>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	172.03 cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	5319.10 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>	5161.00 cm <sup>3</sup>
<b>Peso de la muestra</b>	12.56 g	12.54 g	12.47 g
<b>Carga</b>	31258.00 kgf	31126.00 kgf	30612.00 kgf
<b>Resistencia</b>	176.88 kgf/cm <sup>2</sup>	176.14 kgf/cm <sup>2</sup>	177.94 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia (Promedio)</b>	176.99 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	3%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
<b>Fecha de elaboración</b>	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
<b>Fecha de rotura</b>	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
<b>Edad</b>	07 días	07 días	07 días
<b>Longitud</b>	30.10 cm	30.00 cm	30.00 cm
<b>Diámetro</b>	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
<b>Área</b>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
<b>Peso de la muestra</b>	12.49 g	12.51 g	12.52 g
<b>Carga</b>	31998.00 kgf	32368.00 kgf	32795.00 kgf
<b>Resistencia</b>	181.07 kgf/cm <sup>2</sup>	183.17 kgf/cm <sup>2</sup>	183.13 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia (Promedio)</b>	182.46 kgf/cm <sup>2</sup>		
 <b>Alex Ricardo Cleza Silva</b> <b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b> <b>DE ENSAYO DE MATERIALES</b>			
<b>Resp. Laboratorio</b>		  <b>CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ</b> <b>INGENIERA CIVIL</b> <b>Reg. C.I.P. N° 176824</b>	
<b>Resp. Laboratorio</b>		<b>Asesor</b>	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**



**Ensayo a compresión de probetas**

<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	5%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.48 g	12.56 g	12.59 g
Carga	33882.00 kgf	33368.00 kgf	33965.00 kgf
Resistencia	191.73 kgf/cm <sup>2</sup>	186.33 kgf/cm <sup>2</sup>	189.67 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	189.24 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	7%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	13/01/2020	13/01/2020	13/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.54 g	12.59 g	12.49 g
Carga	30921.00 kgf	30528.00 kgf	31092.00 kgf
Resistencia	174.98 kgf/cm <sup>2</sup>	172.75 kgf/cm <sup>2</sup>	175.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	174.56 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BERNAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	10%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	13/01/2020	13/01/2020	13/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.20 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5336.78 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.49 gr	12.56 gr	12.44 gr
Carga	28723.00 kgf	29228.00 kgf	29399.00 kgf
Resistencia	162.54 kgf/cm <sup>2</sup>	165.40 kgf/cm <sup>2</sup>	164.17 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	164.03 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	15%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	07 días	07 días	07 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.44 g	12.38 g	12.55 g
Carga	25922.00 kgf	26306.00 kgf	25859.00 kgf
Resistencia	144.75 kgf/cm <sup>2</sup>	146.90 kgf/cm <sup>2</sup>	144.40 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	145.35 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cleza Silva**  
**ENCARGADO DE LABORATORIO**  
**DE ENSAYO DE MATERIALES**

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
**INGENIERA CIVIL**  
**Reg. C.I.P. N° 176824**

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	0%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
Fecha de rotura	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.57 g	12.65 g	12.54 g
Carga	35745.00 kgf	36145.00 kgf	35920.00 kgf
Resistencia	202.28 kgf/cm <sup>2</sup>	201.84 kgf/cm <sup>2</sup>	203.27 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	202.46 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	3%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.66 g	12.74 g	12.68 g
Carga	36228.00 kgf	36938.00 kgf	36899.00 kgf
Resistencia	205.01 kgf/cm <sup>2</sup>	206.27 kgf/cm <sup>2</sup>	206.05 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	205.78 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
  
**Cecilia E. Serna Vidéz Nuñez**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



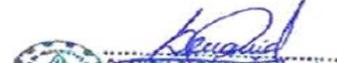
**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	5%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.63 g	12.50 g	12.62 g
Carga	36739.00 kgf	37238.00 kgf	37589.00 kgf
Resistencia	207.90 kgf/cm <sup>2</sup>	210.72 kgf/cm <sup>2</sup>	209.90 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	209.51 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	7%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	20/01/2020	20/01/2020	20/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.55 g	12.46 g	12.51 g
Carga	35154.00 kgf	34842.00 kgf	34802.00 kgf
Resistencia	198.93 kgf/cm <sup>2</sup>	197.17 kgf/cm <sup>2</sup>	196.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	197.68 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
**ENCARGADO DE LABORATORIO**  
**DE ENSAYO DE MATERIALES**

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
**INGENIERA CIVIL**  
**Reg. C.I.P. N° 176824**

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	10%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	20/01/2020	20/01/2020	20/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.53 g	12.42 g	12.47 g
Carga	33258.00 kgf	32887.00 kgf	33205.00 kgf
Resistencia	188.20 kgf/cm <sup>2</sup>	186.10 kgf/cm <sup>2</sup>	187.90 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	187.40 kgf/cm <sup>2</sup>		

<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	15%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	23/01/2020	23/01/2020	23/01/2020
Edad	14 días	14 días	14 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.00 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.46 g	12.49 g	12.44 g
Carga	31008.00 kgf	31637.00 kgf	30754.00 kgf
Resistencia	173.15 kgf/cm <sup>2</sup>	176.67 kgf/cm <sup>2</sup>	174.03 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	174.62 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176624

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	0%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	19/12/2019	19/12/2019	19/12/2019
Fecha de rotura	16/01/2020	16/01/2020	16/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.20 cm	30.20 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5336.78 cm <sup>3</sup>	5408.17 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.60 g	12.61 g	12.58 g
Carga	39061.00 kgf	39296.00 kgf	39437.00 kgf
Resistencia	221.04 kgf/cm <sup>2</sup>	219.43 kgf/cm <sup>2</sup>	220.22 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	220.23 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	3%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	30/01/2020	30/01/2020	30/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.00 cm	30.10 cm	30.10 cm
Diámetro	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5372.35 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>	5390.26 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.72 g	12.73 g	12.67 g
Carga	40196.00 kgf	40562.00 kgf	40469.00 kgf
Resistencia	224.46 kgf/cm <sup>2</sup>	226.50 kgf/cm <sup>2</sup>	225.98 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	225.65 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CECILIA BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	5%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
Probeta N°	01	02	03
Fecha de elaboración	02/01/2020	02/01/2020	02/01/2020
Fecha de rotura	30/01/2020	30/01/2020	30/01/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.10 cm	30.00 cm
Diámetro	15.10 cm	14.90 cm	15.00 cm
Área	179.08 cm <sup>2</sup>	174.37 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5390.26 cm <sup>3</sup>	5248.42 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.72 g	12.63 g	12.63 g
Carga	41296.00 kgf	40574.00 kgf	41669.00 kgf
Resistencia	230.60 kgf/cm <sup>2</sup>	232.69 kgf/cm <sup>2</sup>	235.80 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	233.03 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	7%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
Probeta N°	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.10 cm
Diámetro	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5319.10 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5319.10 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.62 g	12.43 g	12.65 g
Carga	37577.00 kgf	37651.00 kgf	37321.00 kgf
Resistencia	212.64 kgf/cm <sup>2</sup>	213.06 kgf/cm <sup>2</sup>	211.19 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	212.30 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Ensayo a compresión de probetas**



<b>ENSAYADO POR:</b>	Eduar Elí Oblitas Sánchez		
<b>NORMA TÉCNICA:</b>	NTP 339.034: 2015		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	10%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	06/01/2020	06/01/2020	06/01/2020
Fecha de rotura	03/02/2020	03/02/2020	03/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.10 cm	30.00 cm	30.30 cm
Diámetro	14.90 cm	15.00 cm	15.00 cm
Área	174.37 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>	176.71 cm <sup>2</sup>
Volumen	5248.42 cm <sup>3</sup>	5301.43 cm <sup>3</sup>	5354.45 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.58 g	12.32 g	12.64 g
Carga	34577.00 kgf	34883.00 kgf	35166.00 kgf
Resistencia	198.30 kgf/cm <sup>2</sup>	197.40 kgf/cm <sup>2</sup>	199.00 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	198.23 kgf/cm <sup>2</sup>		
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>	15%		
<b>Descripción</b>	<b>Datos y resultados</b>		
<b>Probeta N°</b>	01	02	03
Fecha de elaboración	09/01/2020	09/01/2020	09/01/2020
Fecha de rotura	06/02/2020	06/02/2020	06/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Longitud	30.20 cm	30.00 cm	30.00 cm
Diámetro	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm
Área	176.71 cm <sup>2</sup>	174.37 cm <sup>2</sup>	179.08 cm <sup>2</sup>
Volumen	5336.78 cm <sup>3</sup>	5230.98 cm <sup>3</sup>	5372.35 cm <sup>3</sup>
Peso de la muestra	12.62 g	12.38 g	12.38 g
Carga	31605.00 kgf	31403.00 kgf	32186.00 kgf
Resistencia	178.85 kgf/cm <sup>2</sup>	180.10 kgf/cm <sup>2</sup>	179.73 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia (Promedio)	179.56 kgf/cm <sup>2</sup>		

  
**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

Formatos con el procesamiento de datos con cada uno de los ensayos del ritmo de absorción de agua del concreto certificado por el encargado del laboratorio

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

		<b>LABORATORIO DE MATERIALES</b>						
<b>INFORME DE ENSAYO</b>								
<b>Determinación de la velocidad de absorción del concreto</b>								
<b>ENSAYADO POR:</b>				Eduar Elí Oblitas Sánchez				
<b>NORMA TÉCNICA:</b>				ASTM C - 1585				
<b>PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:</b>				0%				
Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua								
Probeta	Masa (g)	Diámetro Promedio (mm)	Espesor Promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad Promedio (g/cm <sup>3</sup> )		
P - 1	974.00	101.00	50.25	8011.85	402595.29	2.42		
P - 2	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40			
P - 3	974.00	101.00	50.25	8011.85	402595.29			
Tiempo		Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción			
M/H/D	Seg.				s <sup>1/2</sup>	(g/s)	Promedio	
					(g/s)	ΣΔ		
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.12	2.12	0.2646	0.2648	0.2648
			P - 2	976.12	2.12	0.2640		
			P - 3	976.13	2.13	0.2659		
5 min	300	17.3	P - 1	977.20	1.08	0.1348	0.1347	0.3995
			P - 2	977.21	1.09	0.1357		
			P - 3	977.20	1.07	0.1336		
10 min	600	24.5	P - 1	979.31	2.11	0.2634	0.2619	0.6614
			P - 2	979.30	2.09	0.2602		
			P - 3	979.30	2.10	0.2621		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.23	0.92	0.1148	0.1164	0.7778
			P - 2	980.24	0.94	0.1170		
			P - 3	980.24	0.94	0.1173		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.43	1.20	0.1498	0.1488	0.9266
			P - 2	981.43	1.19	0.1482		
			P - 3	981.43	1.19	0.1485		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.53	1.10	0.1373	0.1368	1.0634
			P - 2	982.52	1.09	0.1357		
			P - 3	982.53	1.10	0.1373		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.32	0.79	0.0986	0.0985	1.1619
			P - 2	983.32	0.80	0.0996		
			P - 3	983.31	0.78	0.0974		

 <b>Alex Ricardo Cieza Silva</b> ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES <hr/> <b>Resp. Laboratorio</b>	  <b>CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ</b> INGENIERA CIVIL Reg. C.I.P. N° 176824 <hr/> <b>Asesor</b>
--	---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa (g)	$\Delta$ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	(g/s)	$\Sigma\Delta$
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.28	0.96	0.1198	0.1193	1.2812
			P - 2	984.27	0.95	0.1183		
			P - 3	984.27	0.96	0.1198		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.65	1.37	0.1710	0.1717	1.4529
			P - 2	985.65	1.38	0.1718		
			P - 3	985.65	1.38	0.1722		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.45	0.80	0.0999	0.0994	1.5523
			P - 2	986.44	0.79	0.0984		
			P - 3	986.45	0.80	0.0999		
6 horas	21600	147.0	P - 1	987.98	1.53	0.1910	0.1916	1.7439
			P - 2	987.98	1.54	0.1917		
			P - 3	987.99	1.54	0.1922		
1 día	86400	293.9	P - 1	996.01	8.03	1.0023	1.0014	2.7453
			P - 2	996.02	8.04	1.0010		
			P - 3	996.01	8.02	1.0010		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.23	4.22	0.5267	0.5255	3.2708
			P - 2	1000.22	4.20	0.5229		
			P - 3	1000.23	4.22	0.5267		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.44	2.21	0.2758	0.2764	3.5472
			P - 2	1002.44	2.22	0.2764		
			P - 3	1002.45	2.22	0.2771		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.22	0.78	0.0974	0.0964	3.6437
			P - 2	1003.21	0.77	0.0959		
			P - 3	1003.22	0.77	0.0961		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.41	1.19	0.1485	0.1484	3.7921
			P - 2	1004.40	1.19	0.1482		
			P - 3	1004.41	1.19	0.1485		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.66	1.25	0.1560	0.1563	3.9484
			P - 2	1005.66	1.26	0.1569		
			P - 3	1005.66	1.25	0.1560		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.67	0.01	0.0012	0.0008	3.9492
			P - 2	1005.66	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.67	0.01	0.0012		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.67	0.00	0.0000	0.0008	3.9501
			P - 2	1005.67	0.01	0.0012		
			P - 3	1005.68	0.01	0.0012		

  
**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES  
**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824  
**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

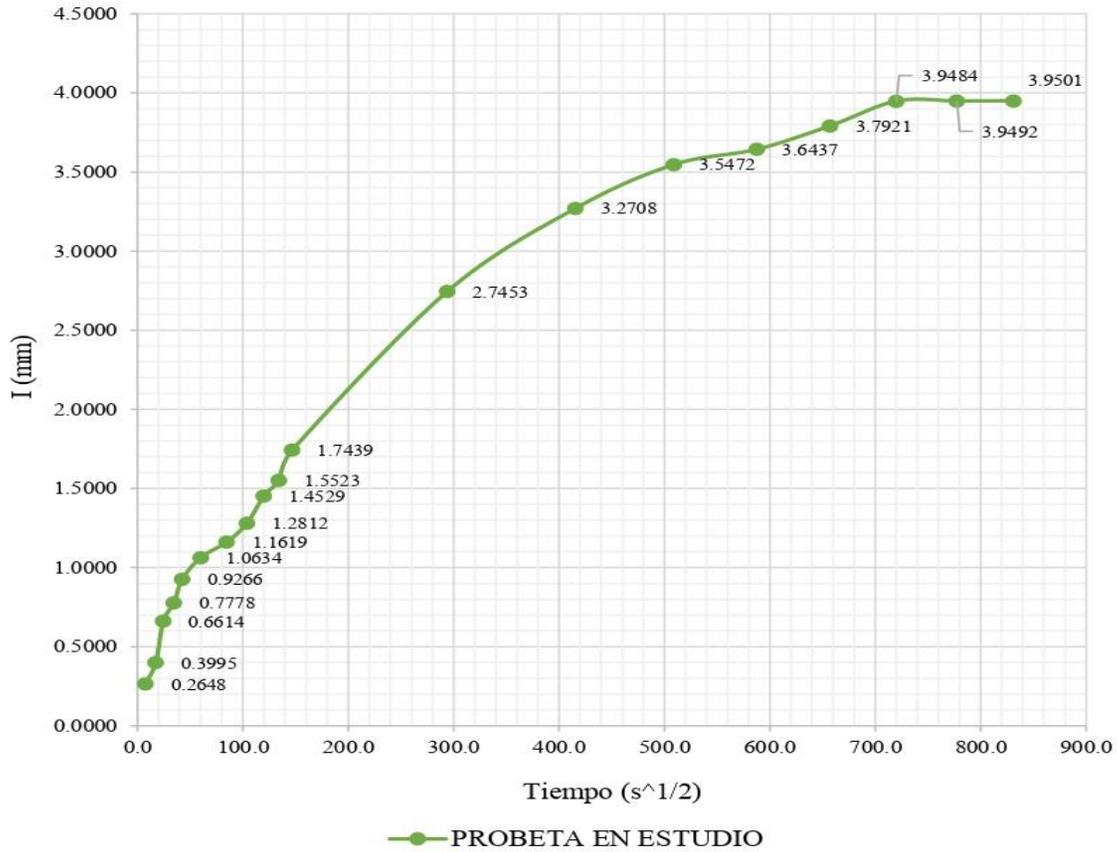


**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA**



**NOTA:** Este ensayo fue realizado a probetas con el 0% de adición de cal hidratada.

**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**ENSAYADO POR:** Eduar Elí Oblitas Sánchez

**NORMA TÉCNICA:** ASTM C - 1585

**PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:** 3%

Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua

Probeta	Masa (g)	Diámetro Promedio (mm)	Espesor Promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	101.13	50.00	8031.69	401584.51	2.41
P - 2	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40	
P - 3	974.00	101.13	50.38	8031.69	404596.40	

Tiempo			Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	ΣΔ	
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.11	2.11	0.2627	0.2635	0.2635
			P - 2	976.12	2.12	0.2640		
			P - 3	976.12	2.12	0.2640		
5 min	300	17.3	P - 1	977.20	1.09	0.1357	0.1341	0.3976
			P - 2	977.19	1.07	0.1332		
			P - 3	977.19	1.07	0.1332		
10 min	600	24.5	P - 1	979.30	2.10	0.2615	0.2615	0.6591
			P - 2	979.29	2.10	0.2615		
			P - 3	979.29	2.10	0.2615		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.23	0.93	0.1158	0.1162	0.7753
			P - 2	980.22	0.93	0.1158		
			P - 3	980.23	0.94	0.1170		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.42	1.19	0.1482	0.1490	0.9243
			P - 2	981.43	1.21	0.1507		
			P - 3	981.42	1.19	0.1482		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.52	1.10	0.1370	0.1365	1.0608
			P - 2	982.51	1.08	0.1345		
			P - 3	982.53	1.11	0.1382		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.31	0.79	0.0984	0.0984	1.1592
			P - 2	983.32	0.81	0.1009		
			P - 3	983.30	0.77	0.0959		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176624

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa (g)	$\Delta$ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	$\Sigma\Delta$	
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.28	0.97	0.1208	0.1191	1.2783
			P - 2	984.26	0.94	0.1170		
			P - 3	984.26	0.96	0.1195		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.64	1.36	0.1693	0.1714	1.4497
			P - 2	985.65	1.39	0.1731		
			P - 3	985.64	1.38	0.1718		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.45	0.81	0.1009	0.0992	1.5489
			P - 2	986.43	0.78	0.0971		
			P - 3	986.44	0.80	0.0996		
6 horas	21600	147.0	P - 1	987.97	1.52	0.1893	0.1913	1.7402
			P - 2	987.98	1.55	0.1930		
			P - 3	987.98	1.54	0.1917		
1 día	86400	293.9	P - 1	996.00	8.03	0.9998	0.9998	2.7400
			P - 2	996.01	8.03	0.9998		
			P - 3	996.01	8.03	0.9998		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.23	4.23	0.5267	0.5242	3.2642
			P - 2	1000.21	4.20	0.5229		
			P - 3	1000.21	4.20	0.5229		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.43	2.20	0.2739	0.2760	3.5401
			P - 2	1002.43	2.22	0.2764		
			P - 3	1002.44	2.23	0.2777		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.21	0.78	0.0971	0.0959	3.6360
			P - 2	1003.20	0.77	0.0959		
			P - 3	1003.20	0.76	0.0946		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.40	1.19	0.1482	0.1482	3.7842
			P - 2	1004.39	1.19	0.1482		
			P - 3	1004.39	1.19	0.1482		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.65	1.25	0.1556	0.1560	3.9402
			P - 2	1005.64	1.25	0.1556		
			P - 3	1005.65	1.26	0.1569		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.66	0.01	0.0012	0.0008	3.9411
			P - 2	1005.65	0.01	0.0012		
			P - 3	1005.65	0.00	0.0000		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.66	0.00	0.0000	0.0008	3.9419
			P - 2	1005.65	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.67	0.02	0.0025		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

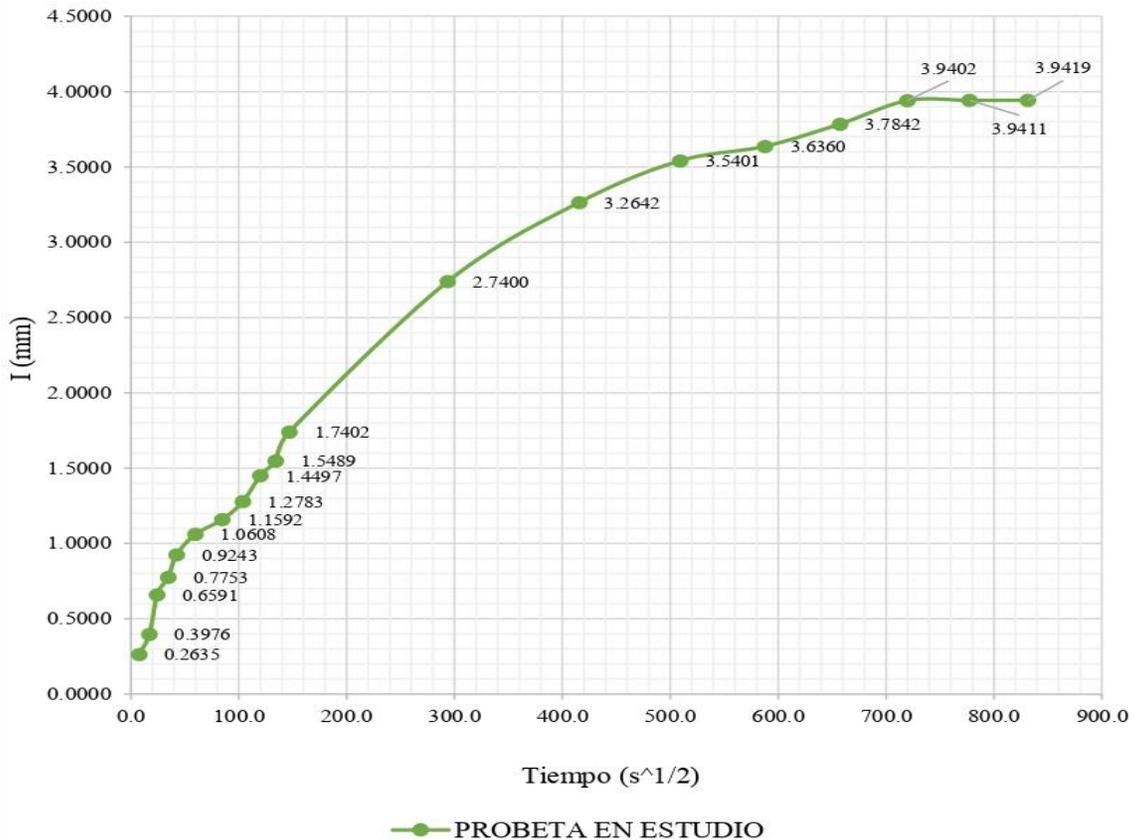


**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA**



**NOTA:** Este ensayo fue realizado a probetas con el 3% de adición de cal hidratada.

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**ENSAYADO POR:** Eduar Elí Oblitas Sánchez

**NORMA TÉCNICA:** ASTM C - 1585

**PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:** 5%

Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua

Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	101.38	50.13	8071.45	404581.48	2.41
P - 2	974.00	101.25	50.25	8051.56	404590.81	
P - 3	974.00	101.13	50.25	8031.69	403592.43	

Tiempo			Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción (g/s)	Promedio	
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>					(g/s)	ΣΔ
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.11	2.11	0.2614	0.2625	0.2625
			P - 2	976.11	2.11	0.2621		
			P - 3	976.12	2.12	0.2640		
5 min	300	17.3	P - 1	977.19	1.08	0.1338	0.1337	0.3962
			P - 2	977.18	1.07	0.1329		
			P - 3	977.20	1.08	0.1345		
10 min	600	24.5	P - 1	979.30	2.11	0.2614	0.2600	0.6562
			P - 2	979.28	2.10	0.2608		
			P - 3	979.27	2.07	0.2577		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.22	0.92	0.1140	0.1151	0.7713
			P - 2	980.20	0.92	0.1143		
			P - 3	980.21	0.94	0.1170		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.41	1.19	0.1474	0.1478	0.9191
			P - 2	981.39	1.19	0.1478		
			P - 3	981.40	1.19	0.1482		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.48	1.07	0.1326	0.1354	1.0545
			P - 2	982.50	1.11	0.1379		
			P - 3	982.49	1.09	0.1357		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.28	0.80	0.0991	0.0977	1.1522
			P - 2	983.27	0.77	0.0956		
			P - 3	983.28	0.79	0.0984		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa	$\Delta$ masa	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>		(g)	(g)	(g/s)	Promedio	
							(g/s)	$\sum \Delta$
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.23	0.95	0.1177	0.1180	1.2702
			P - 2	984.21	0.94	0.1167		
			P - 3	984.24	0.96	0.1195		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.59	1.36	0.1685	0.1706	1.4407
			P - 2	985.61	1.40	0.1739		
			P - 3	985.60	1.36	0.1693		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.39	0.80	0.0991	0.0985	1.5393
			P - 2	986.39	0.78	0.0969		
			P - 3	986.40	0.80	0.0996		
6 horas	21600	147.0	P - 1	987.93	1.54	0.1908	0.1904	1.7297
			P - 2	987.92	1.53	0.1900		
			P - 3	987.93	1.53	0.1905		
1 día	86400	293.9	P - 1	995.95	8.02	0.9936	0.9969	2.7266
			P - 2	995.96	8.04	0.9986		
			P - 3	995.95	8.02	0.9985		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.15	4.20	0.5204	0.5225	3.2491
			P - 2	1000.16	4.20	0.5216		
			P - 3	1000.17	4.22	0.5254		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.36	2.21	0.2738	0.2745	3.5236
			P - 2	1002.38	2.22	0.2757		
			P - 3	1002.37	2.20	0.2739		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.14	0.78	0.0966	0.0956	3.6192
			P - 2	1003.15	0.77	0.0956		
			P - 3	1003.13	0.76	0.0946		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.33	1.19	0.1474	0.1474	3.7666
			P - 2	1004.33	1.18	0.1466		
			P - 3	1004.32	1.19	0.1482		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.57	1.24	0.1536	0.1553	3.9218
			P - 2	1005.57	1.24	0.1540		
			P - 3	1005.59	1.27	0.1581		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.58	0.01	0.0012	0.0004	3.9222
			P - 2	1005.57	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.59	0.00	0.0000		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.58	0.00	0.0000	0.0004	3.9226
			P - 2	1005.58	0.01	0.0012		
			P - 3	1005.59	0.00	0.0000		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
ENCARGADO DE LABORATORIO  
DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
INGENIERA CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

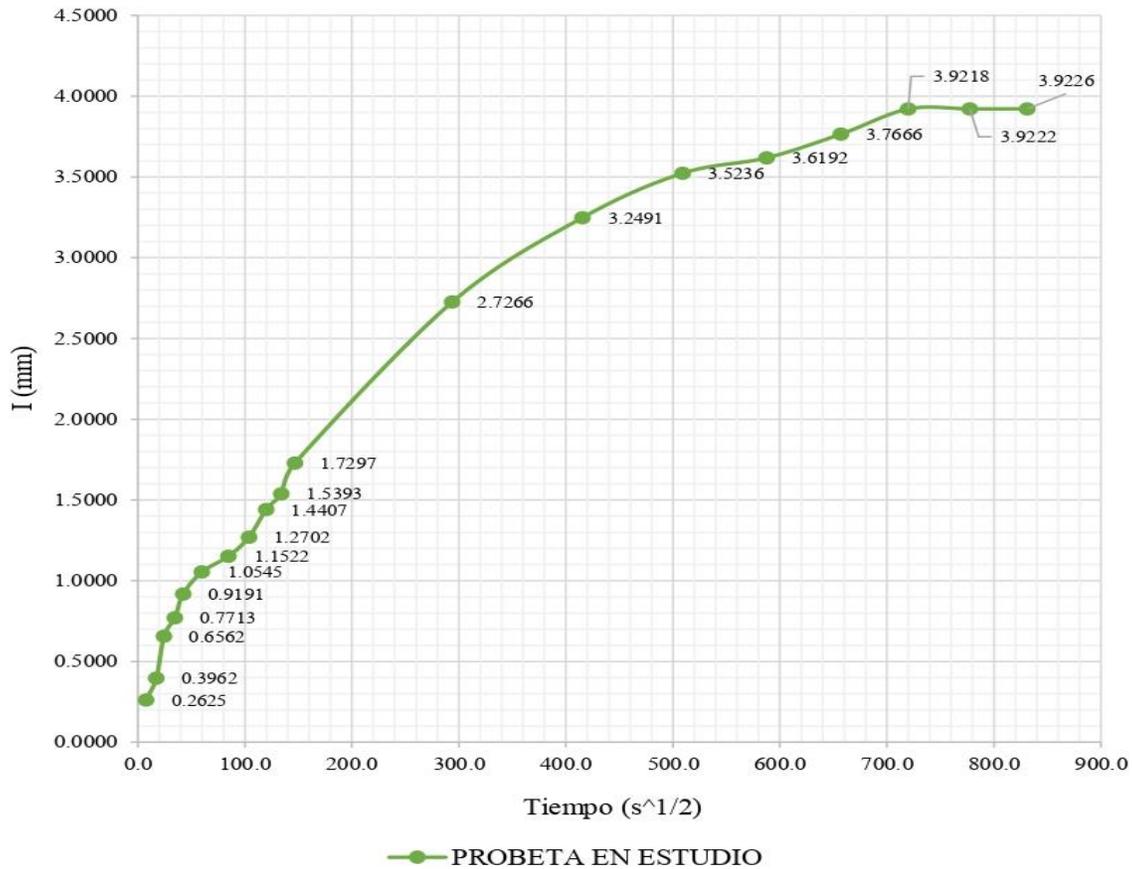


**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA**



**NOTA:** Este ensayo fue realizado a probetas con el 5% de adición de cal hidratada.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**ENSAYADO POR:** Eduar Elí Oblitas Sánchez

**NORMA TÉCNICA:** ASTM C - 1585

**PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:** 7%

Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua

Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	2.44
P - 2	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	
P - 3	974.00	100.38	50.25	7913.00	397628.10	

Tiempo			Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	ΣΔ	
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.12	2.12	0.2659	0.2674	0.2674
			P - 2	976.13	2.13	0.2672		
			P - 3	976.13	2.13	0.2692		
5 min	300	17.3	P - 1	977.20	1.08	0.1355	0.1350	0.4024
			P - 2	977.19	1.06	0.1330		
			P - 3	977.21	1.08	0.1365		
10 min	600	24.5	P - 1	979.31	2.11	0.2647	0.2632	0.6656
			P - 2	979.29	2.10	0.2634		
			P - 3	979.28	2.07	0.2616		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.23	0.92	0.1154	0.1165	0.7822
			P - 2	980.22	0.93	0.1167		
			P - 3	980.21	0.93	0.1175		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.42	1.19	0.1493	0.1496	0.9318
			P - 2	981.40	1.18	0.1480		
			P - 3	981.41	1.20	0.1516		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.49	1.07	0.1342	0.1366	1.0684
			P - 2	982.52	1.12	0.1405		
			P - 3	982.48	1.07	0.1352		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.29	0.80	0.1003	0.0989	1.1674
			P - 2	983.28	0.76	0.0953		
			P - 3	983.28	0.80	0.1011		

ALEX RICARDO CIEZA SILVA  
ENCARGADO DE LABORATORIO  
DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ  
INGENIERA CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa (g)	$\Delta$ masa (g)	Absorción (g/s)	Promedio	
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>					(g/s)	$\Sigma\Delta$
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.24	0.95	0.1192	0.1195	1.2868
			P - 2	984.22	0.94	0.1179		
			P - 3	984.24	0.96	0.1213		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.60	1.36	0.1706	0.1727	1.4595
			P - 2	985.61	1.39	0.1744		
			P - 3	985.61	1.37	0.1731		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.39	0.79	0.0991	0.0993	1.5589
			P - 2	986.40	0.79	0.0991		
			P - 3	986.40	0.79	0.0998		
6 horas	21600	147.0	P - 1	987.94	1.55	0.1944	0.1928	1.7517
			P - 2	987.92	1.52	0.1907		
			P - 3	987.93	1.53	0.1934		
1 día	86400	293.9	P - 1	995.97	8.03	1.0072	1.0102	2.7618
			P - 2	995.97	8.05	1.0098		
			P - 3	995.95	8.02	1.0135		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.16	4.19	0.5256	0.5290	3.2908
			P - 2	1000.17	4.20	0.5268		
			P - 3	1000.18	4.23	0.5346		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.37	2.21	0.2772	0.2779	3.5687
			P - 2	1002.39	2.22	0.2785		
			P - 3	1002.38	2.20	0.2780		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.15	0.78	0.0978	0.0968	3.6656
			P - 2	1003.16	0.77	0.0966		
			P - 3	1003.14	0.76	0.0960		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.34	1.19	0.1493	0.1492	3.8148
			P - 2	1004.34	1.18	0.1480		
			P - 3	1004.33	1.19	0.1504		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.58	1.24	0.1555	0.1568	3.9716
			P - 2	1005.58	1.24	0.1555		
			P - 3	1005.59	1.26	0.1592		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.59	0.01	0.0013	0.0004	3.9720
			P - 2	1005.58	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.59	0.00	0.0000		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.60	0.01	0.0013	0.0004	3.9724
			P - 2	1005.58	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.59	0.00	0.0000		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**



**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

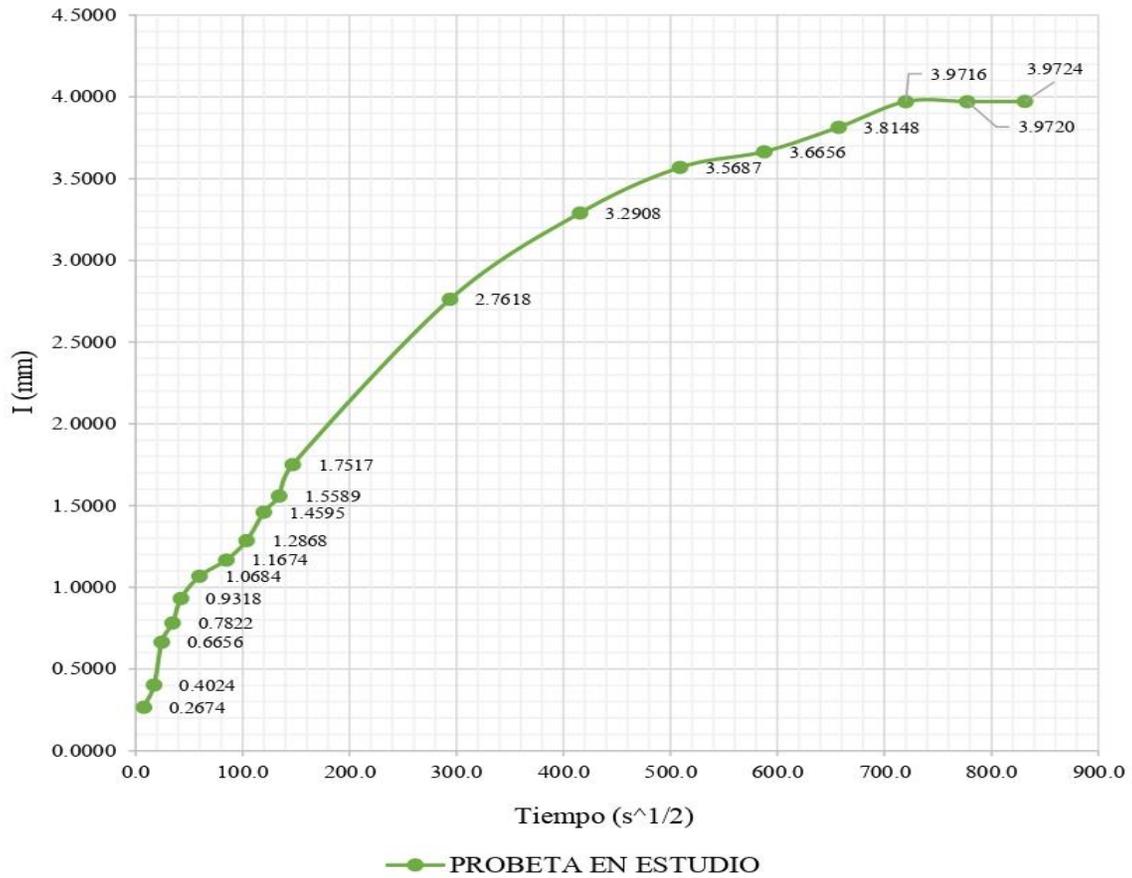


**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA**



**NOTA:** Este ensayo fue realizado a probetas con el 7% de adición de cal hidratada.

*Alex Ricardo Cieza Silva*  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

*Claudia E. Benavidez Nunez*  
**CLAUDIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**ENSAYADO POR:** Eduar Elí Oblitas Sánchez

**NORMA TÉCNICA:** ASTM C - 1585

**PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:** 10%

Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua

Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	2.43
P - 2	974.00	100.88	50.25	7992.03	401599.39	
P - 3	974.00	100.63	50.25	7952.46	399611.28	

Tiempo			Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	ΣΔ	
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.13	2.13	0.2672	0.2676	0.2676
			P - 2	976.13	2.13	0.2665		
			P - 3	976.14	2.14	0.2691		
5 min	300	17.3	P - 1	977.21	1.08	0.1355	0.1359	0.4035
			P - 2	977.23	1.10	0.1376		
			P - 3	977.21	1.07	0.1345		
10 min	600	24.5	P - 1	979.32	2.11	0.2647	0.2634	0.6669
			P - 2	979.31	2.08	0.2603		
			P - 3	979.32	2.11	0.2653		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.24	0.92	0.1154	0.1167	0.7836
			P - 2	980.25	0.94	0.1176		
			P - 3	980.25	0.93	0.1169		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.44	1.20	0.1505	0.1497	0.9332
			P - 2	981.44	1.19	0.1489		
			P - 3	981.44	1.19	0.1496		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.54	1.10	0.1380	0.1376	1.0708
			P - 2	982.53	1.09	0.1364		
			P - 3	982.54	1.10	0.1383		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.33	0.79	0.0991	0.0991	1.1699
			P - 2	983.33	0.80	0.1001		
			P - 3	983.32	0.78	0.0981		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
ENCARGADO DE LABORATORIO  
DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BERAU DE NUÑEZ**  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa	$\Delta$ masa	Absorción		
M/H/D	Seg.	$s^{1/2}$		(g)		(g/s)	Promedio	
				(g)	(g)	(g/s)	(g/s)	$\Sigma \Delta$
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.29	0.96	0.1204	0.1200	1.2899
			P - 2	984.28	0.95	0.1189		
			P - 3	984.28	0.96	0.1207		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.66	1.37	0.1718	0.1731	1.4630
			P - 2	985.67	1.39	0.1739		
			P - 3	985.66	1.38	0.1735		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.46	0.80	0.1003	0.0995	1.5625
			P - 2	986.45	0.78	0.0976		
			P - 3	986.46	0.80	0.1006		
6 horas	21600	147.0	P - 1	987.99	1.53	0.1919	0.1928	1.7553
			P - 2	987.99	1.54	0.1927		
			P - 3	988.00	1.54	0.1937		
1 día	86400	293.9	P - 1	996.02	8.03	1.0072	1.0077	2.7629
			P - 2	996.03	8.04	1.0060		
			P - 3	996.03	8.03	1.0098		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.24	4.22	0.5293	0.5281	3.2910
			P - 2	1000.23	4.20	0.5255		
			P - 3	1000.24	4.21	0.5294		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.45	2.21	0.2772	0.2780	3.5691
			P - 2	1002.45	2.22	0.2778		
			P - 3	1002.46	2.22	0.2792		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.23	0.78	0.0978	0.0970	3.6661
			P - 2	1003.22	0.77	0.0963		
			P - 3	1003.23	0.77	0.0968		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.42	1.19	0.1493	0.1497	3.8158
			P - 2	1004.41	1.19	0.1489		
			P - 3	1004.43	1.20	0.1509		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.67	1.25	0.1568	0.1568	3.9726
			P - 2	1005.67	1.26	0.1577		
			P - 3	1005.67	1.24	0.1559		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.68	0.01	0.0013	0.0008	3.9734
			P - 2	1005.67	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.68	0.01	0.0013		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.68	0.00	0.0000	0.0008	3.9742
			P - 2	1005.68	0.01	0.0013		
			P - 3	1005.69	0.01	0.0013		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CLAUDIA E. BERNAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

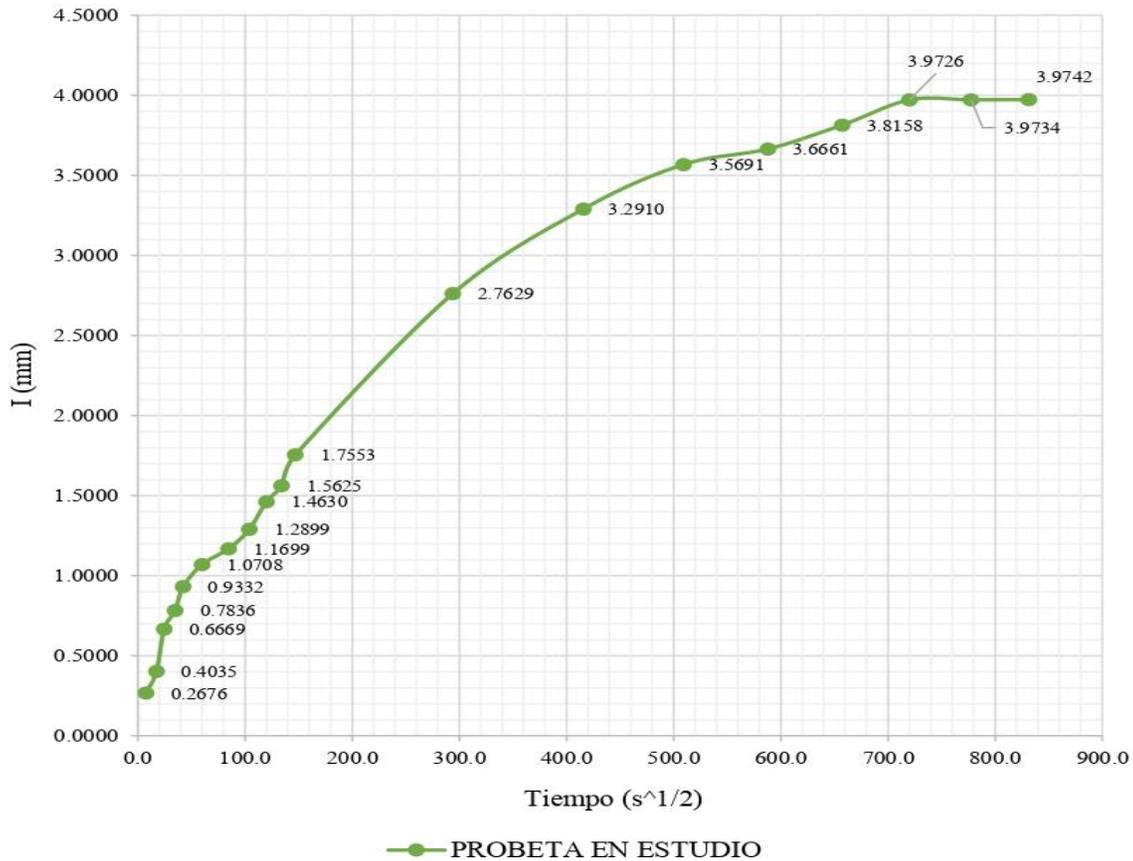


**LABORATORIO DE MATERIALES**  
**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA**



**NOTA:** Este ensayo fue realizado a probetas con el 10% de adición de cal hidratada.

**Alex Ricardo Cleza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUÑEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**



**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

**ENSAYADO POR:** Eduar Elí Oblitas Sánchez

**NORMA TÉCNICA:** ASTM C - 1585

**PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CAL HIDRATADA:** 15%

Datos de las probetas para el ensayo de la velocidad de absorción de agua

Probeta	Masa (g)	Diámetro promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
P - 1	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	2.43
P - 2	974.00	100.75	50.38	7972.23	401601.24	
P - 3	974.00	100.75	50.25	7972.23	400604.72	

Tiempo			Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>				(g/s)	Promedio	
						(g/s)	ΣΔ	
0	0	0.0	P - 1	974.00	-	0.0000	0.0000	0.0000
			P - 2	974.00	-	0.0000		
			P - 3	974.00	-	0.0000		
1 min	60	7.7	P - 1	976.16	2.16	0.2709	0.2697	0.2697
			P - 2	976.14	2.14	0.2684		
			P - 3	976.15	2.15	0.2697		
5 min	300	17.3	P - 1	977.22	1.06	0.1330	0.1359	0.4056
			P - 2	977.24	1.10	0.1380		
			P - 3	977.24	1.09	0.1367		
10 min	600	24.5	P - 1	979.34	2.12	0.2659	0.2630	0.6686
			P - 2	979.32	2.08	0.2609		
			P - 3	979.33	2.09	0.2622		
20 min	1200	34.6	P - 1	980.27	0.93	0.1167	0.1171	0.7856
			P - 2	980.26	0.94	0.1179		
			P - 3	980.26	0.93	0.1167		
30 min	1800	42.4	P - 1	981.47	1.20	0.1505	0.1501	0.9357
			P - 2	981.46	1.20	0.1505		
			P - 3	981.45	1.19	0.1493		
60 min	3600	60.0	P - 1	982.55	1.08	0.1355	0.1376	1.0733
			P - 2	982.56	1.10	0.1380		
			P - 3	982.56	1.11	0.1392		
2 horas	7200	84.9	P - 1	983.34	0.79	0.0991	0.0991	1.1724
			P - 2	983.35	0.79	0.0991		
			P - 3	983.35	0.79	0.0991		

**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**LABORATORIO DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

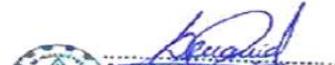


**Determinación de la velocidad de absorción del concreto**

Tiempo			Probeta	Masa	Δ masa	Absorción		
M/H/D	Seg.	s <sup>1/2</sup>		(g)	(g)	(g/s)	Promedio	
							(g/s)	ΣΔ
3 horas	10800	103.9	P - 1	984.30	0.96	0.1204	0.1192	1.2916
			P - 2	984.29	0.94	0.1179		
			P - 3	984.30	0.95	0.1192		
4 horas	14400	120.0	P - 1	985.68	1.38	0.1731	0.1735	1.4651
			P - 2	985.68	1.39	0.1744		
			P - 3	985.68	1.38	0.1731		
5 horas	18000	134.2	P - 1	986.47	0.79	0.0991	0.0995	1.5646
			P - 2	986.47	0.79	0.0991		
			P - 3	986.48	0.80	0.1003		
6 horas	21600	147.0	P - 1	988.01	1.54	0.1932	0.1932	1.7578
			P - 2	988.02	1.55	0.1944		
			P - 3	988.01	1.53	0.1919		
1 día	86400	293.9	P - 1	996.05	8.04	1.0085	1.0072	2.7650
			P - 2	996.04	8.02	1.0060		
			P - 3	996.04	8.03	1.0072		
2 días	172800	415.7	P - 1	1000.26	4.21	0.5281	0.5281	3.2931
			P - 2	1000.25	4.21	0.5281		
			P - 3	1000.25	4.21	0.5281		
3 días	259200	509.1	P - 1	1002.46	2.20	0.2760	0.2776	3.5707
			P - 2	1002.47	2.22	0.2785		
			P - 3	1002.47	2.22	0.2785		
4 días	345600	587.9	P - 1	1003.24	0.78	0.0978	0.0974	3.6681
			P - 2	1003.25	0.78	0.0978		
			P - 3	1003.24	0.77	0.0966		
5 días	432000	657.3	P - 1	1004.43	1.19	0.1493	0.1488	3.8170
			P - 2	1004.42	1.17	0.1468		
			P - 3	1004.44	1.20	0.1505		
6 días	518400	720.0	P - 1	1005.68	1.25	0.1568	0.1568	3.9738
			P - 2	1005.68	1.26	0.1580		
			P - 3	1005.68	1.24	0.1555		
7 días	604400	777.4	P - 1	1005.69	0.01	0.0013	0.0008	3.9746
			P - 2	1005.68	0.00	0.0000		
			P - 3	1005.69	0.01	0.0013		
8 días	691200	831.4	P - 1	1005.69	0.00	0.0000	0.0008	3.9755
			P - 2	1005.69	0.01	0.0013		
			P - 3	1005.70	0.01	0.0013		

  
**Alex Ricardo Cieza Silva**  
 ENCARGADO DE LABORATORIO  
 DE ENSAYO DE MATERIALES

**Resp. Laboratorio**

**CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 176824

**Asesor**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

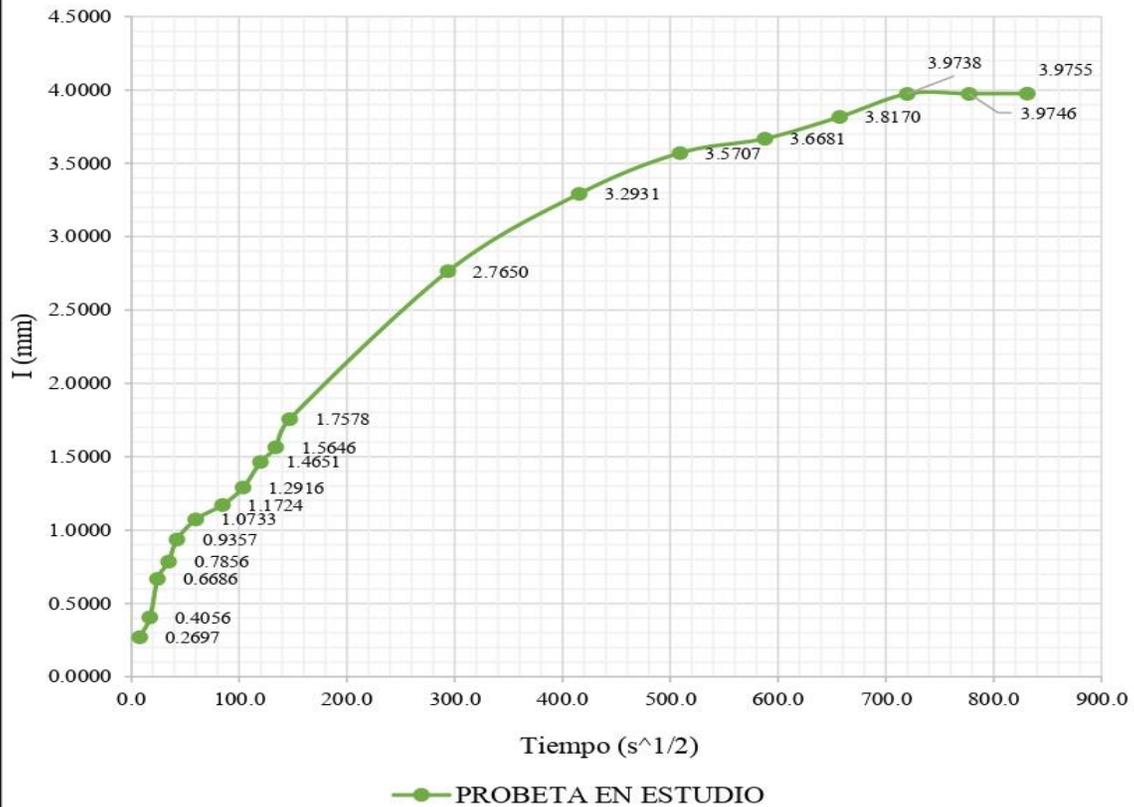


LABORATORIO DE MATERIALES  
INFORME DE ENSAYO



Determinación de la velocidad de absorción del concreto

CURVA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGUA



NOTA: Este ensayo fue realizado a probetas con el 15% de adición de cal hidratada.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
Alex Ricardo Cieza Silva  
ENCARGADO DE LABORATORIO  
DE ENSAYO DE MATERIALES

Resp. Laboratorio

CECILIA E. BENAVIDEZ NUNEZ  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP. N° 176824

Asesor