

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO DE  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup>, EMPLEANDO LOS AGREGADOS  
DEL RÍO CHOTANO EN EL DISTRITO DE COCHABAMBA,  
PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. YONATÁN POOL FLORES HERRERA**

**ASESOR:**

**M.Cs. Ing. MAURO AUGUSTO CENTURION VARGAS**

**CAJAMARCA PERÚ**

**2023**

## **CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD**

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>, EMPLEANDO LOS AGREGADOS DEL RÍO CHOTANO EN EL DISTRITO DE COCHABAMBA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Civil **Yonatán Pool Flores Herrera** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor **Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas** con el software antiplagio Turnitin que identifica **21% (veintiuno por ciento)** de similitud, asignándole el código **oid:3117:289893374**

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 28 de noviembre del 2023

Documento firmado digitalmente

---

Dra. Yvonne Katherine Fernández León  
Directora Unidad de Investigación Facultad de Ingeniería

Cc.  
Archivo  
c12223yf.

COPYRIGHT © 2023 by  
**YONATÁN POOL FLORES HERRERA**  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, Lino y Julia Perpetua, quiero expresar mi profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida. Ustedes me han brindado una sólida educación y han sido mi refugio en momentos difíciles. Sus consejos y orientación han sido fundamentales en mi camino, motivándome a no renunciar, sino a perseverar en la consecución de cada objetivo que me propuso.

A mis hermanos, les dedico mi respeto y admiración. Su apoyo ha sido fundamental en mi vida, contribuyendo en gran medida a mis logros.

A mi familia, amigos y compañeros de la universidad, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por haberme respaldado en mi desarrollo como profesional y en mi vida cotidiana. Vuestra amistad y cariño sincero son invaluableles para mí.

Con todo mi amor y gratitud,

**Yonatán Pool Flores Herrera.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme estar aquí hoy, por su guía constante y su protección.

A mis queridos padres, les estoy profundamente agradecido por su apoyo incondicional durante este proceso. Sin ellos, las cosas habrían sido mucho más complicadas.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al M.Cs. En g. Mauro Augusto Centurión Vargas, quien me brindó su apoyo como asesor de tesis y respaldo a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo.

También deseo expresar mi gratitud a los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca por sus valiosas enseñanzas y conocimientos compartidos, que sin duda serán de gran utilidad en mi futura vida profesional.

Atentamente,

**Yonatan Pool Flores Herrera.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Hipótesis de la investigación.....	14
1.4. Justificación de la investigación.....	14
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.....	15
1.6. Limitaciones.....	15
1.7. Objetivo de la investigación.....	15
1.7.1. Objetivo general.....	15
1.7.2. Objetivos específicos.....	16
1.8. Descripción de los capítulos .....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	18
2.1.3. Antecedentes locales .....	19
2.2. Definiciones .....	20
2.3. Bases Teóricas .....	21
2.3.1. Normas legales .....	21
2.3.2. Definición de concreto.....	21
2.3.3. Composición del concreto.....	21
2.3.4. Materiales componentes del concreto.....	22
2.4. Agregados áridos para concreto.....	23
2.4.1. Características de los agregados.....	23
2.5. Cemento para concreto .....	25
2.5.1. Tipos de cemento .....	25
2.5.2. Propiedades Químicas .....	27

2.5.3.	Propiedades físicas y mecánicas .....	27
2.6.	Agua para el concreto .....	28
2.7.	Propiedades del concreto fresco.....	28
2.7.1.	Trabajabilidad.....	28
2.7.2.	Consistencia .....	28
2.7.3.	Segregación .....	28
2.7.4.	Exudación.....	28
2.7.5.	Durabilidad.....	29
2.7.6.	Impermeabilidad.....	29
2.7.7.	Contenido de aire en la mezcla .....	29
2.7.8.	Peso unitario del concreto .....	29
2.8.	Propiedades del concreto endurecido.....	29
2.8.1.	Resistencia a la compresión .....	29
2.9.	Diseño de mezcla (Método ACI) .....	30
2.9.1.	Resistencia promedio de diseño .....	30
2.9.2.	Tamaño máximo nominal del agregado grueso .....	30
2.9.3.	Slump de diseño .....	30
2.9.4.	Determinación del volumen unitario del agua .....	31
2.9.5.	Relación agua cemento.....	31
2.9.6.	Factor cemento .....	32
2.9.7.	Contenido de agregado grueso .....	32
2.9.8.	Volúmenes absolutos para la mezcla .....	32
2.9.9.	Contenido de agregado fino .....	32
2.9.10.	Valores del diseño de mezcla.....	32
2.9.11.	Corrección por humedad .....	32
2.9.12.	Proporción el peso.....	32
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....		33
3.1.	Material.....	33
3.1.1.	Ubicación .....	33
3.1.2.	Época de investigación.....	35
3.1.3.	Población y muestra .....	35
3.1.4.	Unidad de análisis .....	35

3.2.	Metodología .....	36
3.2.1.	Variables.....	36
3.2.2.	Tipo de estudio .....	36
3.2.3.	Nivel de investigación.....	36
3.2.4.	Diseño de investigación .....	36
3.3.	Método de análisis de datos .....	36
3.4.	Técnicas y métodos de recolección de datos .....	37
3.5.	Procedimiento .....	37
3.5.1.	Descripción de ensayos de los agregados. ....	37
3.5.2.	Descripción de ensayos del concreto. ....	47
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		52
4.1.	Granulometría .....	52
4.2.	Peso Unitario de los agregados .....	52
4.3.	Peso específico de masa (Densidad) y Absorción .....	53
4.4.	Contenido de humedad .....	53
4.5.	Porcentaje que pasa la malla 200 .....	53
4.6.	Análisis de los resultados de concreto .....	53
4.6.1.	Peso Unitario del concreto .....	53
4.6.2.	Resistencia a compresión del concreto.....	54
4.7.	Diseño de mezcla (Comité ACI - 211) .....	54
4.8.	Contrastación de hipótesis .....	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		55
5.1.	Conclusiones .....	55
5.2.	Recomendaciones .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		56
ANEXOS .....		60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normas legales para ensayos de los agregados. ....	21
Tabla 2. Normas legales para ensayos de Concreto.....	21
Tabla 3. Granulometría del agregado fino .....	23
Tabla 4. Granulometría del agregado grueso .....	24
Tabla 5. Resistencia promedio sin datos.....	30
Tabla 6. Asentamiento por su consistencia.....	30
Tabla 7. Relación agua cemento por resistencia.....	31
Tabla 8. Relación agua cemento por durabilidad.....	31
Tabla 9. Determinación de volumen de agregado grueso .....	32
Tabla 10. Numero de capas requerida por espécimen. ....	50
Tabla 25. Resumen del cálculo de Peso Unitario .....	54
Tabla 11. Análisis Granulométrico del agregado fino .....	61
Tabla 12. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	62
Tabla 13. Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.....	63
Tabla 14. Peso Unitario Suelto Seco Compactado del agregado fino .....	63
Tabla 15. Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso .....	63
Tabla 16. Peso Unitario Suelto Seco Compactado del agregado grueso .....	63
Tabla 17. Factor de corrección del agregado fino y grueso .....	64
Tabla 18. Peso específico de masa y absorción del agregado fino .....	64
Tabla 19. Peso específico de masa y absorción del agregado grueso .....	64
Tabla 20. Contenido de humedad .....	65
Tabla 21. Porcentaje que pasa la malla 200 .....	65
Tabla 22. Características del agregado fino .....	66
Tabla 23. Características del agregado grueso.....	66
Tabla 24. Determinación de la resistencia promedio.....	67
Tabla 25. Tabla para volumen unitario del agua.....	67
Tabla 26. Contenido de aire de la mezcla .....	67
Tabla 27. Relación agua cemento por durabilidad.....	68
Tabla 28. Contenido de agregado grueso.....	69
Tabla 29. Volúmenes absolutos de materiales .....	69
Tabla 30. Valores de diseño de mezcla por m <sup>3</sup> .....	70

Tabla 31. Valores de diseño de mezcla por m <sup>3</sup> .....	71
Tabla 32. Dosificación en peso .....	71
Tabla 33. Proporcionamiento del diseño .....	71
Tabla 34. Peso por tanda (03 probetas).....	71
Tabla 35. Peso Unitario del concreto (07 días).....	72
Tabla 36. Peso Unitario del Concreto (14 días).....	72
Tabla 37. Peso Unitario del Concreto (28 días).....	72
Tabla 38. Resumen del cálculo de Peso Unitario .....	73
Tabla 39. Resistencia a la compresión (07 días).....	74
Tabla 40. Resistencia a la compresión (14 días).....	74
Tabla 41. Resistencia a la compresión (28 días).....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica en el Perú.....	33
Figura 2. Ubicación en el departamento de Cajamarca. ....	34
Figura 3. Ubicación en la provincia de Chota.....	34
Figura 4. Localización de la cantera del río Chotano. ....	35
Figura 5. Molde para el ensayo de asentamiento.....	47
Figura 6. Curva Granulométrica del agregado fino. ....	61
Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.....	62
Figura 8. Ensayo de Resistencia a compresión.....	75

## RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo general evaluar la resistencia a compresión del concreto usando agregados de la cantera del río Chotano, para concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Cochabamba, provincia de Chota, el cual consistió en analizar los agregados elegidos; teniendo como muestra 30 especímenes de 6" x 12", se utilizó un enfoque de investigación aplicada, de nivel aplicativo y de diseño experimental. Para la obtención de datos primero se analizaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados por medio de ensayos como granulometría, peso unitario, peso específico, contenido de humedad y absorción, luego se realizó el diseño de mezclas por el método "ACI Comité 211" teniendo como resistencia de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para el concreto; además, se elaboraron testigos de concreto para ser sometidos a ensayos de compresión a edades de 7, 14 y 28 días, para contrastar si la resistencia a compresión del concreto haciendo uso de los agregados de la cantera del río Chotano superan la resistencia de diseño. Se obtuvo como resultado que los agregados analizados cumplen con los parámetros de calidad exigidos por las normas aplicables; además de los ensayos realizados a compresión del concreto que se hicieron a las edades de 7, 14 y 28 días, se determinó que cumplen con la normativa ya que el concreto a partir de los 14 días de curado hasta los 28 días alcanzan el porcentaje promedio de resistencia en 21.37% y 36.84% mayor que la resistencia diseñada. Finalmente se concluye que la resistencia a compresión del concreto haciendo uso de los agregados de la cantera del río Chotano, aumentó en 36.84%, satisfaciendo la necesidad de la resistencia establecida; además las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumplen con los parámetros de calidad.

**Palabras clave:** agregados, resistencia a compresión, granulometría, peso unitario, absorción.

## ABSTRACT

In the present investigation, the general objective was to evaluate the compressive strength of concrete using aggregates from the Chotano River quarry, for concrete of  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> in the city of Cochabamba, province of Chota, which consisted of analyze the chosen aggregates; Having 30 6" x 12" specimens as a sample, an applied research approach, application level and experimental design was used. To obtain data, the physical and mechanical properties of the aggregates were first analyzed through tests such as granulometry, unit weight, specific weight, moisture content and absorption, then the mixture design was carried out using the "ACI Committee 211" method. having as design resistance  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> for concrete; In addition, concrete cores were prepared to be subjected to compression tests at ages of 7, 14 and 28 days, to contrast whether the compression resistance of the concrete using aggregates from the Chotano River quarry exceeds the design resistance. The result was that the analyzed aggregates comply with the quality parameters required by the applicable standards; In addition to the compression tests carried out on the concrete that were carried out at the ages of 7, 14 and 28 days, it was determined that they complied with the regulations since the concrete from 14 days of curing to 28 days reached the average percentage . resistance by 21.37% and 36.84% greater than the designed resistance. Finally, it is concluded that the compressive strength of the concrete using the aggregates from the Chotano River quarry increased by 36.84%, satisfying the need for the established resistance; Furthermore, the physical and mechanical properties of the aggregates meet the quality parameters.

**Keywords:** aggregates, compressive strength, granulometry, unit weight, absorption.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La provincia de Chota al igual que las demás ciudades de Cajamarca, cada día se encuentran en crecimiento poblacional exponencial, así mismo, debido a este crecimiento también existe la necesidad de tener una mejor calidad de vida, el crecimiento de la Ciudad ha sido muy constante en estos últimos años y por ende de las construcciones, donde la materia prima más importante es el concreto, de ahí la importancia del estudio de la resistencia del concreto que se produce con los agregados del río Chotano ubicado en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

La Resistencia del concreto es una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, por ello la importancia de su estudio, además cabe resaltar que el concreto es una de las materias primas más usadas hoy en día para la construcción, por ende, debe ser una de las más cuidadosas a la hora de su fabricación teniendo en cuenta las propiedades de los agregados que lo conforman.

Se evaluó la calidad de los agregados para concreto basados en las normas ASTM C-33 y las NTP, a través de ensayos normalizados.

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

En Centroamérica, la resistencia a la compresión del concreto es el indicador más común que utilizan los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Esta medida se obtiene mediante la prueba de ruptura de sondas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

En todo el mundo y en nuestro país, se busca constantemente mejorar las propiedades del concreto. En este contexto, es de vital importancia tener un conocimiento profundo de la procedencia de los agregados, ya que representan aproximadamente el 80% del peso total del concreto. Conocer las propiedades de los agregados que se utilizan en un diseño específico, así como su origen, es esencial, ya que estas características se transfieren directamente al concreto resultante.

En Perú, contamos con una variedad de canteras que producen agregados de alta calidad, pero también es común encontrar agregados de menor calidad. Estos agregados se pueden clasificar en dos categorías principales: agregados de cerro y de río. En el caso de los agregados de cerro, a menudo se observa un exceso de limo y polvillo en los materiales. En

contraste, los agregados de río se caracterizan por su limpieza natural, ya que se extraen directamente de los ríos. Estas diferencias en las características de los agregados representan un desafío, ya que la mayoría de las personas desconoce las particularidades de los agregados provenientes de diferentes canteras.

En el distrito de Cochabamba, se ha observado un rápido crecimiento de la industria de la construcción en su territorio. Sin embargo, muchas de estas construcciones han utilizado agregados de canteras de cerro o río sin conocer a fondo las características de estos materiales. Por tanto, es de vital importancia llevar a cabo evaluaciones de la resistencia a compresión del concreto utilizando agregados del río Chotano. Esto garantizará que la población en general comprenda la influencia significativa que tienen estos agregados en la resistencia del concreto, promoviendo así la construcción de estructuras que cumplan con los estándares de calidad requeridos.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto fabricado utilizando agregados del río Chotano para diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y cumple con los estándares de la norma ASTM?

## **1.3. Hipótesis de la investigación.**

La resistencia de concreto a compresión haciendo uso de los agregados de la cantera del río Chotano para diseño de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , cumple con la norma ASTM.

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

Es de gran importancia realizar esta investigación, ya que no se conoce la resistencia a compresión del concreto utilizando agregado de la cantera del río Chotano y se sabe que es pertinente conocer las características del material ya que depende de ello el buen funcionamiento de las obras civiles, asimismo se puede decir que la investigación se justifica:

### **A nivel teórico**

Se justifica debido a que, a través del estudio de las características y propiedades de los agregados del río Chotano, así como el diseño de mezclas correspondientes, se podrá evaluar la resistencia a compresión con un objetivo de  $f'c = 210 \text{ kg. /cm}^2$ . Los resultados obtenidos tendrán un impacto significativo en la población de Chota, así como a las entidades. En caso de que los materiales cumplan con los criterios técnicos y las normativas de calidad, servirán como base sólida para futuros proyectos. Por otro Lado, si no cumple con los estándares

requeridos, se evitarán gastos innecesarios y se ganara tiempo, lo que es esencial para la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos futuros.

### **Justificación social**

La justificación de esta investigación radica en el hecho de que, al llevar a cabo los ensayos necesarios para evaluar las características de los agregados y la resistencia a compresión del concreto elaborado con dichos materiales, se proporcionará información esencial a diversas empresas locales, la municipalidad y otras entidades. Esto permitirá a estas entidades y a los profesionales de la construcción local tener un conocimiento detallado sobre las propiedades del agregado obtenido del río Chotano.

Esta información es de gran utilidad, ya que contribuirá al sector de la construcción al facilitar el uso eficiente de estos materiales en futuros proyectos, brindando beneficios tanto a los profesionales como a los constructores de la zona. Además, fomentará una mayor comprensión de las características y el potencial de los recursos locales en el ámbito de la construcción, lo que es fundamental para el desarrollo sostenible y la economía local.

## **1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación**

Los resultados del presente estudio servirán a la colectividad de constructores de la localidad de Cochabamba que hacen el uso de estos agregados ya sea para empresas privadas o entidades estatales.

El presente estudio dará a conocer la resistencia a compresión del concreto usando agregados de la cantera del río Chotano, para concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, en la ciudad de Cochabamba – Chota.

## **1.6. Limitaciones**

Los resultados de este estudio solo serán relevantes en situaciones donde se utilicen los materiales extraídos de la cantera de río Chotano en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota. No se pueden generalizar para otras canteras en la misma región, y se requerirá llevar a cabo investigaciones adicionales para aplicarlos en esos casos.

## **1.7. Objetivo de la investigación.**

### **1.7.1. Objetivo general.**

- Evaluar la resistencia a compresión del concreto usando agregados de la cantera del río Chotano, para concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Cochabamba, provincia de Chota.

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- Determinar el diseño de mezcla para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- Analizar las características de los agregados de la cantera del río Chotano.

## **1.8. Descripción de los capítulos**

**Introducción:** En el presente capítulo, se abordará el planteamiento y la formulación del problema, así como se expondrán los alcances y limitaciones de la investigación, acompañados de sus objetivos.

**Marco Teórico:** Este capítulo se dedicará a examinar los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, así como a explorar las bases teóricas y proporcionar definiciones para los términos fundamentales.

**Materiales y Métodos:** En este capítulo se detallarán y explicarán los procedimientos llevados a cabo durante la investigación, junto con los resultados obtenidos.

**Análisis y Discusión de los Resultados:** En este segmento, se examinarán y contrastarán los resultados relativos a las propiedades físico-mecánicas de los agregados obtenidos en el laboratorio.

**Conclusiones y Recomendaciones:** En este capítulo, se expondrán las conclusiones derivadas de la investigación, así como las recomendaciones para posibles estudios futuros o acciones a considerar.

**Referencias Bibliográficas:** Aquí se listará toda la bibliografía consultada y citada en el documento, siguiendo el formato de referencia establecido.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Silva y Valbuena (2019), llevaron a cabo una tesis titulada "Evaluación de mezclas de concreto con agregados de Cajicá, Madrid y El Guamo para obtener una resistencia superior a 4000 psi". El objetivo principal de esta investigación fue realizar un estudio comparativo de diferentes sondas de concreto que contenían agregados pétreos de diferentes orígenes geográficos. El propósito era determinar cuál de estos agregados proporcionaba las mejores propiedades de resistencia a la compresión en una mezcla diseñada para alcanzar los 4000 psi, El enfoque del estudio se basó en el método empírico de mezclas de concreto que utilizan la relación de volumen cemento-agregados, sin la incorporación de aditivos, haciendo uso agregados traídos de Bogotá. Los resultados revelaron que ninguno de los tres agregados probados alcanzó la resistencia objetivo de 4000 psi, siendo el agregado de Madrid el que llegó más cerca, con una resistencia de 3877 psi.

Anaya y Suarez (2016), en su investigación desarrollada en Colombia, se propusieron evaluar la resistencia a la compresión de mezclas de concretos de 3000 psi. En esta investigación, se consideró el agregado fino y/o grueso, el tipo de cemento y, de manera destacada, el agua, que fue identificado como uno de los elementos más importantes por los investigadores. El proyecto implicó la elaboración de diversas combinaciones de mezclas de concreto, utilizando los ingredientes mencionados anteriormente. Los cilindros de concretos resultantes fueron sometidos a ensayos a los 7, 14 y 28 días con el fin de analizar los resultados obtenidos y compararlos con los límites establecidos por las normativas. Los resultados de esta investigación revelaron que los agregados no estaban en condiciones óptimas para su utilización en obras de ingeniería. Algunos de los resultados obtenidos en las caracterizaciones realizadas estaban fuera de los límites permitidos por las normas para la realización de mezclas de concreto. Además, después de llevar a cabo los ensayos para medir la resistencia a la compresión, se determinó que ninguna de las mezclas alcanzó el estándar de resistencia especificado.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Chinchercoma (2017), en su tesis titulada "Evaluación del concreto elaborado con agregado del río San Gabán en la ciudad de San Gabán, Carabaya – Puno 2017", se desarrolló como objetivo principal la evaluación de las propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido, que fue dosificado con agregado del río San Gabán durante el proceso de elaboración. Para lograr el diseño de concreto con diversas resistencias, se comenzó con la formulación de mezclas de concreto con resistencias nominales de  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando las tablas proporcionadas por el método del Comité 211 del ACI. Se llevaron a cabo dosificaciones de concreto, una con agregado del río San Gabán y otra con agregado de cantera de Macusani. Posteriormente, se sometieron las mezclas diseñadas a ensayos de compresión a los 7 y 28 días. En el proceso de diseño de las mezclas, se tuvieron en cuenta dos aspectos fundamentales del concreto: su trabajabilidad, medida a través del asentamiento, y su resistencia a la compresión. Como resultado de estos ensayos y evaluaciones, se concluye que el concreto dosificado con el agregado del río San Gabán cumple con los requisitos de resistencia establecidos para las mezclas de  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Gamonal (2021), En su investigación titulada "Evaluación de las propiedades de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  obtenida con agregado fino de cerro y piedra chancada en la ciudad de Cutervo", se planteó como objetivo principal determinar las propiedades de un concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  obtenido utilizando agregado fino proveniente de la cantera "Cerro Ilucán" y piedra chancada de la cantera "Lancheconga". Se llevaron a cabo ensayos normalizados para evaluar las características tanto del agregado fino como del agregado grueso, así como las propiedades del concreto resultante. Para el agregado fino proveniente del cerro, se determinaron los siguientes valores: humedad del 2.89%, peso específico de  $2.56 \text{ gr/cm}^3$ , absorción del 1.23%, peso unitario suelto de  $1492 \text{ kg/m}^3$ , peso unitario compactado de  $1543 \text{ kg/m}^3$ , material más fino que la malla  $75 \mu\text{m}$  (N°200) del 4.36%, y un módulo de finura de 2.03. En cuanto al agregado grueso, los resultados obtenidos fueron: humedad del 0.70%, abrasión del 30.20%, peso específico de  $2.62 \text{ gr/cm}^3$ , absorción del 0.87%, peso unitario suelto de  $1414 \text{ kg/m}^3$ , peso unitario compactado de  $1578 \text{ kg/m}^3$ , material que pasa la malla  $75 \mu\text{m}$  (N°200) del 0.31%, módulo de finura de 7.01 y un tamaño máximo nominal de  $3/4"$ . En lo que respecta a las propiedades del concreto obtenido, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días ( $228.34 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 días ( $314.12 \text{ kg/cm}^2$ ) y 28 días ( $327.83 \text{ kg/cm}^2$ ). Estos valores resultaron ser un 56% mayores que la resistencia de diseño especificada ( $210$

kg/cm<sup>2</sup>). A partir de estos resultados, se llega a la conclusión de que el concreto elaborado con el agregado fino del cerro y la piedra chancada es aceptable, ya que cumple con las normas ASTM y NTP (Norma Técnica Peruana) en relación con sus propiedades.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Carranza (2021), en su estudio denominado "Resistencia de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con los agregados de las canteras de la provincia de Chota, Cajamarca – 2018", se propuso evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras de Chalarmarca, Conchán y Cochabamba en la provincia de Chota, con el objetivo de utilizarlos en la producción de concreto con una resistencia especificada de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Para llevar a cabo este estudio, se realizaron evaluaciones exhaustivas de las propiedades físicas de los agregados de acuerdo con los estándares técnicos como TCM. E 88, C 39, NTP, RNE (E.060). La producción del concreto se llevó a cabo utilizando los agregados de las tres canteras mencionadas, siguiendo el método prescrito por ACI 211. Como resultado de este proceso, se logró demostrar que los agregados provenientes de las canteras de Chalarmarca, Conchán y Cochabamba cumplen con los requisitos establecidos en las normativas, logrando resistencias mayores a  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en las mezclas de concreto producidas. Este hallazgo resalta la idoneidad de estos agregados para ser utilizados en la producción de concreto de alta resistencia, lo cual es de gran importancia en aplicaciones donde se requiere una alta durabilidad y capacidad estructural del material.

Alcalde (2015), En su trabajo de investigación realizado en Cajamarca se propuso evaluar el agregado proveniente de la cantera "Río Cajamarquino" con el objetivo principal de determinar sus características físico-mecánicas para la fabricación de concreto. Este proceso implicó el análisis del agregado mediante ensayos de laboratorio de acuerdo con las normas peruanas vigentes (NTP) para evaluar su idoneidad en la construcción de pavimentos rígidos. Siguiendo las pautas establecidas por el ACI 211.3R-02, se llevó a cabo el diseño de mezcla, y posteriormente se compararon los resultados de resistencia a compresión con la resistencia mínima requerida para su uso en pavimentos rígidos ( $f'c=210$  kg/ cm<sup>2</sup>). Los resultados obtenidos de los ensayos revelaron las siguientes características del agregado: un contenido de humedad del 3.99%, una granulometría dentro del huso 67, un porcentaje de abrasión del 24.65%, un peso unitario de agregado con un porcentaje de absorción del 2.02%, y un peso unitario de 1639.36 kg/m<sup>3</sup>. En cuanto a los ensayos de compresión de concreto a los 28 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=68.41$  kg/cm<sup>2</sup>. Como conclusión de estos ensayos, se calcula

que el agregado por sí solo no cumple con los requisitos necesarios para fabricar concreto, ya que su resistencia a los 28 días no alcanzaba el nivel requerido.

## 2.2. Definiciones

- **Agregado fino:** Resultado de la revisión de rocas arenosas y con un tamaño inferior al tamiz de 9.5 mm (3/8 pulgadas). (NTP 339.047, 2006)
- **Agregado grueso:** Se refiere al agregado retenido en el tamiz normalizado de 4.75 mm (N° 4), que satisface los criterios establecidos en la NTP 400.037. Este agregado se obtiene a través de la desagregación natural o artificial de las rocas. (NTP 339.047, 2006)
- **Cemento portland:** Se trata de un tipo de cemento hidráulico generado mediante la molienda del clinker de Portland, compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulico. Por lo general, este cemento incluye una o varias formas de sulfato de calcio como adición durante el proceso de molienda. (NTP 339.047, 2006)
- **Concreto:** Se refiere a la combinación de un material aglomerante (conglomerante) y agregados finos y gruesos. En el concreto convencional, los elementos aglomerantes más utilizados son el cemento Portland y el agua, aunque también pueden incluir puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP 339.047, 2006)
- **Curado:** Se trata del proceso que implica la regulación de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad, durante las etapas de fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). (NTP 339.047, 2006)
- **Curva granulométrica:** Esto se refiere a un gráfico conocido como curva granulométrica, que visualiza de manera objetiva la distribución de tamaños de un agregado. Este tipo de representación proporciona una visión clara de la gradación del agregado y es útil en la evaluación de sus propiedades. (NTP 339.047, 2006)
- **Dosificación:** Proceso o medición por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora por una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. (NTP 339.047, 2006)
- **Módulo de finura (MF):** El factor al que se refiere es conocido como el Factor de Uniformidad (FU) o Coeficiente de Uniformidad (CU) en el contexto de la granulometría de agregados. Este factor se calcula sumando los porcentajes acumulados de material retenido en cada tamiz de la serie especificada y dividiendo el resultado por 100. (NTP 339.047, 2006)

- **Tamaño máximo nominal:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

## 2.3. Bases Teóricas

### 2.3.1. Normas legales

La investigación tiene las siguientes normas:

**Tabla 1. Normas legales para ensayos de los agregados.**

Ensayos	Normas
Granulometría	NTP 400.012. 2013
	ASTM C136. 2014
Abrasión	NTP 400.019. 2002
	ASTM C131. 2014
Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021. 2002
	ASTM C127. 2015
Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022. 2013
	ASTM C128. 2015
Peso Unitario	NTP 400.017. 2011
	ASTM C29. 2017
Contenido de Humedad	NTP 339.185. 2013
	ASTM C566-19. 2019
Material fino que pasa el tamiz 75 $\mu$ m (N° 200)	NTP 400.018. 2002
	ASTM C117. 2017

**Tabla 2. Normas legales para ensayos de Concreto.**

Ensayos	Normas
Asentamiento	ASTM C143. 2015.
Elaboración de especímenes de concreto	ASTM C 192.
Resistencia en compresión	NTP 339.034. 2008
	ASTM C39. 2018
Densidad, absorción y vacíos del concreto	ASTM C642. 2013

### 2.3.2. Definición de concreto.

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto Castillo, 2009)

### 2.3.3. Composición del concreto.

## **Pasta.**

La pasta está conformada por cemento y agua que rodea los agregados, constituyendo un material homogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican la calidad del concreto. (Gonzales & Robles, 2005).

### **2.3.3.1. Agregados.**

- Agregado fino : Arena fina, Arena gruesa.
- Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos.

(Abanto Castillo, 2009).

### **2.3.4. Materiales componentes del concreto.**

#### **2.3.4.1. Cemento.**

El cemento es un material de construcción que está formado por una serie de sustancias como la cal, sílice, óxido de hierro y otros, que al mezclarse con agua forma una pasta blanda que se endurece con el contacto del agua.

#### **2.3.4.2. Agua.**

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, está relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Abanto Castillo, 2009).

#### **2.3.4.3. Aire.**

Se encuentra mezclado en la masa del concreto, el cual es liberado por proceso de compactación del concreto, sin embargo, no quiere decir que el concreto quede sin aire ya que siempre queda partículas de aire en forma de burbujas. (Sánchez de Guzmán, 2016).

#### **2.3.4.4. Agregados.**

Los agregados son, como ha mencionado, materiales inertes que poseen resistencia propia y no interfieren en el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico. Además, garantizan una buena adherencia con la pasta de cemento. Estos pueden ser de origen artificial o natural, dependiendo de su procedencia. (Niño Hernández, 2010).

## 2.4. Agregados áridos para concreto

Los agregados son el material que se caracteriza por tener el mayor volumen dentro del concreto entre un 60% y 75%, y son los que más influyen en las propiedades del concreto tanto frescas como endurecidos.

### 2.4.1. Características de los agregados

#### 2.4.1.1. Granulometría

La granulometría es la clasificación de los agregados a través de tamices normalizados, el cual está definido por la norma NTP 400.012.

##### a) *Granulometría del agregado fino*

La granulometría del agregado fino está determinada por la clasificación de sus partículas a través de tamices normalizados. La norma peruana NTP 400.037 especifica un huso determinado, es decir, un parámetro de porcentajes mínimos y máximos por cada malla, para que el agregado fino se defina como bien gradado, siempre y cuando el resultado granulométrico del agregado ensayado quede dentro del rango especificado, el cual sería lo ideal. En el caso de que no quede dentro del rango especificado por la norma, se puede trabajar con el agregado siempre y cuando los resultados del concreto endurecido y otros sean confortables a la norma o al resultado que se desea obtener, para ser óptimo.

**Tabla 3. Granulometría del agregado fino**

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

*Fuente:* (NTP 400.037, 2014)

##### **Módulo de Finura**

Es un factor que permite estimar que tan fino es el material, y que se determina a partir los porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándares a partir del número 100 y que al final se divide entre 100.

La NTP 400.037 también considera que este valor resultante de la fórmula antes descrita no sea menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

**b) Granulometría del agregado grueso**

La granulometría del agregado grueso está determinada por la clasificación de sus partículas a través de tamices normalizados. La norma peruana NTP 400.037 especifica un huso determinado, es decir, un parámetro de porcentajes mínimos y máximos por cada malla, para que el agregado fino se defina como bien gradado, siempre y cuando el resultado granulométrico del agregado ensayado quede dentro del rango especificado, el cual sería lo ideal.

**Tabla 4. Granulometría del agregado grueso**

uso	TMN	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		00 mm	0 mm	5 mm	3 mm	0 mm	7,5 mm	5,0 mm	9,0 mm	2,5 mm	,5 mm	,75 mm	,36 mm	,18 mm	00 μm
		pulg	¼ pulg	pulg	¼ pulg	pulg	¼ pulg	pulg	¼ pulg	1/2 pulg	3/8 pulg	o. 4	No. 8)	No. 16)	No. 50)
	90 - 37,5mm (3 ¼ - 1 ½ pulg)	00	0-100		5-60		-15		-5						
	63 - 37,5 mm (2 ¼ - 1 ½ pulg)		00	0-100	5-70		-15		-5						
	50 - 25,0 mm (2 - 1 pulg)			00	0-100	5-70		-15		-5					
<b>57</b>	50 - 4,75 mm (2 pulg - No. 4)			00	5-100	5-70			0-30			-5			
	37,5 - 19,0 mm (1 ½ - ¾ pulg)				00	0-100	0-55	-5			-5				
<b>67</b>	37,5 - 4,75 mm (1 ½ - No. 4)				00	5-100		5-70			0-30	-5			
	25,0 - 12,5mm (1 - ½ pulg)					00	0-100	0-55	-10		-5				
<b>6</b>	25,0 - 9,5 mm (1 - 3/8 pulg)					00	0-100	0-85	0-40		-15	-5			
<b>7</b>	25,0 - 4,75mm (1 pulg a No. 4)					00	5-100		5-60			-10	-5		
	19,0 - 9,5 mm (3/4 - 3/8 pulg)						00	0-100	0-55		-15	-5			
<b>7</b>	19,0 - 4 mm (3/4 - No. 4)						00	0-100			0-55	-10	-5		
	12,5 - 4,75 mm (1/2 - No. 4)							00	0-100	0-70		-15	-5		
	9,5 - 2,36 mm (3/8 - No. 8)								00	5-100	0-30		-10	-5	
<b>9</b>	12,5 - 9,5 mm (1/2 - 3/8 pulg)								00	0-100	0-55		-30	-10	-5
<b>A</b>	4,75 - 1,18 mm (No. 4 a No. 16)										00	5-100	0-40	-10	-5

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

**Tamaño Máximo**

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (NTP 400.037, 2014).

### **Tamaño Máximo Nominal**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % y 10 %. (NTP 400.037, 2014).

#### **2.4.1.2. Peso Unitario**

Es la masa de material necesaria para llenar un recipiente de volumen único. En ese volumen unitario tiene que ver el volumen mismo del agregado y los vacíos generados por los mismo (kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

#### **2.4.1.3. Peso específico**

Es la propiedad de los agregados en general que relaciona la masa seca por su volumen, considerando los poros permeables e impermeables, también puede estar en condición saturado lo que se conoce como peso específico saturado con superficie seca, el cual mide la relación saturada de la muestra con superficie seca por volumen de los agregados, además se tiene el peso específico aparente, que es la relación de la masa por su volumen impermeable del agregado (NTP, 2013).

#### **2.4.1.4. Absorción**

Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que se penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo. (NTP, 2013).

#### **2.4.1.5. Contenido de Humedad**

Es el agua que contiene los agregados que se encuentran en condiciones normales en los poros. (NTP, 2013).

### **2.5. Cemento para concreto**

El cemento portland es un conglomerante hidráulico, molido y que mezclado con el agua forma una pasta que está a la vez fragua, endurece y conserva su resistencia, si a este componente le agregamos los agregados obtenemos finalmente el concreto.

#### **2.5.1. Tipos de cemento**

Cuando se ajustan las proporciones de los componentes del cemento, se modifica el comportamiento del concreto hidratado. Esta flexibilidad en la formulación de cemento es fundamental para la creación de diversos tipos de concreto, cada uno adaptado a necesidades específicas. La capacidad de variar las proporciones de los componentes es esencial para lograr concreto con características particulares, lo que permite satisfacer una amplia gama de aplicaciones y requisitos en la construcción.

#### **2.5.1.1. Cemento portland tipo I**

Es un tipo de cemento utilizado en aplicaciones de concreto en general, especialmente cuando no se especifica un tipo específico de cemento. Es el tipo de cemento más común y se utiliza en una amplia variedad de proyectos de construcción, desde obras de edificación hasta pavimentación de carreteras, a menos que se requieran propiedades o características especiales que requieran un tipo diferente de cemento. El cemento Portland Tipo I es versátil y adecuado para la mayoría de las aplicaciones de concreto convencionales.

#### **2.5.1.2. Cemento portland tipo II**

Está diseñado para obras de concreto en general, donde la exposición al sulfato es moderada o se necesita una liberación moderada de calor durante la hidratación. El cemento Portland Tipo II es adecuado para proyectos en los que se anticipa una exposición moderada a sulfatos y no se requieren propiedades de resistencia muy altas ni una liberación excesiva de calor durante el proceso de fraguado e hidratación del concreto. Es un tipo de cemento comúnmente utilizado en aplicaciones de construcción convencionales.

#### **2.5.1.3. Cemento portland tipo III**

Es conocido como cemento de alta resistencia inicial. El concreto elaborado con cemento Tipo III tiene la característica distintiva de desarrollar una resistencia temprana significativa. En concreto, este tipo de cemento permite que el concreto alcance una resistencia en tres días que es similar a la resistencia que el concreto hecho con cemento Tipo I o Tipo II lograría en 28 días. Esta propiedad lo hace adecuada para proyectos que requieren una resistencia temprana, como reparaciones de emergencia o aplicaciones donde es necesario poner en servicio la estructura rápidamente.

#### **2.5.1.4. Cemento portland tipo IV**

Es el tipo de cemento que se caracteriza por desarrollar una liberación muy baja de calor durante el proceso de hidratación. Esta propiedad lo hace adecuada para aplicaciones en las que el control del calor generado es fundamental. Se utiliza en situaciones en las que la generación de calor excesiva puede ser perjudicial, como en la construcción de masas de concreto masivas o estructuras que requieren un control riguroso del calor, como en presas o estructuras de hormigón masivas. El cemento Tipo IV ayuda a reducir el riesgo de agrietamiento térmico debido a la liberación controlada de calor durante el proceso de endurecimiento.

#### **2.5.1.5. Cemento portland tipo V**

Es el tipo de cemento que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos. Este tipo de cemento es especialmente adecuado para proyectos de construcción en áreas donde el suelo o el agua contienen altos niveles de sulfatos, ya que es resistente a los efectos adversos de la exposición a estos compuestos. Se utiliza compuesto en la construcción de estructuras en entornos donde la resistencia a los sulfatos es una consideración importante.

### **2.5.2. Propiedades Químicas**

#### **2.5.2.1. Composición Química**

El material primo que constituye la formación del cemento son principalmente la cal, aluminio y óxido de hierro, estos compuestos cuando interactúan entre ellos forman otros componentes como los silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos (Portugal Barriga, 2007).

### **2.5.3. Propiedades físicas y mecánicas**

#### **2.5.3.1. Peso específico**

Corresponde al material en estado compacto. Su valor suele variar en cementos portland normales entre 3.0 y 3.2 (Portugal Barriga, 2007).

### **2.5.3.2. Superficie específica (finura)**

Está en función del grado de molienda del mismo e íntimamente ligado a su valor hidráulico.

### **2.5.3.3. Fraguado**

Es la rigidez de la pasta del cemento, o el cambio de estado de fluido a rígido. El proceso de fraguado está acompañado directamente con cambios de temperatura de la pasta de cemento. (Portugal Barriga, 2007).

### **2.5.3.4. Resistencia mecánica**

Es la propiedad del material que resulta quizá más importante para el uso de estructuras.

## **2.6. Agua para el concreto**

El agua adecuada para el concreto puede ser cualquier agua natural que sea potable y no presente un olor fuerte u sabor. (kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

## **2.7. Propiedades del concreto fresco**

### **2.7.1. Trabajabilidad**

El concreto en estado fresco se puede determinar la condición para ser mezclado, colocado, manipulado, transportado y consolidado adecuadamente, a esto se conoce como la trabajabilidad del concreto. (Sánchez de Guzmán, 2016).

### **2.7.2. Consistencia**

Es el grado de humedecimiento de la mezcla, depende directamente a la cantidad de agua usada. (Abanto Castillo, 2009).

### **2.7.3. Segregación**

Descomposición del concreto fresco, o la separación del agregado grueso del mortero. (Abanto Castillo, 2009)

### **2.7.4. Exudación**

Es el ascenso del agua a la superficie como consecuencia de la sedimentación de los agregados que lo conforman. (Abanto Castillo, 2009)

#### **2.7.5. Durabilidad**

Es la capacidad del concreto de resistir a la superficie. (Abanto Castillo, 2009)

#### **2.7.6. Impermeabilidad**

Es la capacidad del concreto para mojarse, para reducir la cantidad de agua de mezcla. (Abanto Castillo, 2009)

#### **2.7.7. Contenido de aire en la mezcla**

Es la cantidad de aire que por efecto natural se queda atrapado en el concreto, aunque también puede ser inducido a través de aditivos.

#### **2.7.8. Peso unitario del concreto**

Es una propiedad del concreto que se obtiene a través de peso sobre su volumen, está en relación a su peso específico de los agregados, aire, agua y las proporciones del concreto. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2013)

### **2.8. Propiedades del concreto endurecido**

#### **2.8.1. Resistencia a la compresión**

Es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de su falla. (Abanto Castillo, 2009)

Existen factores que influyen en la resistencia, tales como la relación agua cemento, los agregados, o el tipo de fractura que pueda tener al momento de realizar el ensayo de compresión.

La resistencia a la compresión del concreto se mide mediante una máquina. Este equipo aplica carga de manera gradual y controlada sobre especímenes cilíndricos de concreto hasta que ocurra la falla. La operación tarda entre 2 a 3 minutos y la carga que soporta la probeta se registra en un tablero anexo a la máquina, este valor se divide por el área de la sección transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. (Sánchez de Guzmán, 2016).

Los resultados de las muestras cúbicas siempre tienen el inconveniente de que están afectadas por el rozamiento de los platos de la máquina, de tal manera que los reportados no corresponden a la resistencia a compresión simple. Por ello es mejor que los ensayos se realicen con muestras cilíndricas. (Sanchez Guzman, 2001).

## 2.9. Diseño de mezcla (Método ACI)

### 2.9.1. Resistencia promedio de diseño

Esta resistencia siempre es mayor a la resistencia solicitada, y depende de los materiales que lo componen para su resistencia final.

A su vez, la resistencia de diseño se puede determinar con valores conocidos, es decir, proveniente de ensayos anteriores, como factor principal la desviación estándar de los ensayos realizados. Y cuando no se tiene datos de registro de ensayos se usa otras fórmulas, la cual es la que se desarrolló en la presente investigación, utilizando la siguiente tabla.

**Tabla 5. Resistencia promedio sin datos**

Resistencia especificada a la compresión, MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
$f_c < 21$ (210)	$f_{cr} = f_c + 7,0$ (70)
$21$ (210) $\leq f_c \leq 35$ (350)	$f_{cr} = f_c + 8,5$ (84)
$f_c > 35$ (350)	$f_{cr} = 1,1 f_c + 5,0$ (50)

*Fuente:* (RNE E060, 2009)

### 2.9.2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Este dato se deriva del análisis granulométrico y ejerce una influencia significativa en la selección del agua a utilizar en el diseño de mezcla.

### 2.9.3. Slump de diseño

Llamada también asentamiento de la mezcla, sirve para determinar el tipo de mezcla a usar, de acá también dependerá el uso de agua a usar.

**Tabla 6. Asentamiento por su consistencia**

Consistencia del Concreto	Asentamiento (Slump)	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" - 2"	Poco Trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración ligera. Chuseado
Fluida	$\geq 5"$	Muy Trabajable	Chuseado

*Fuente:* (ACI 211.1-91, 1991)

## 2.9.4. Determinación del volumen unitario del agua

El volumen unitario del agua está directamente relacionado con el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento.

## 2.9.5. Relación agua cemento

La resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por una cantidad unitaria de cemento, para un conjunto dado de materiales y de condiciones. (Sánchez de Guzmán, 2016)

**Tabla 7. Relación agua cemento por resistencia**

$f'_{cr}$ 28 días	Relación: agua - cemento de diseño en peso	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

*Fuente:* (ACI 211.1-91, 1991)

**Tabla 8. Relación agua cemento por durabilidad**

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión máxima en concretos con agregado liviano
Concretos de Baja permeabilidad		260 kg/cm <sup>2</sup>
a) Expuesto a agua dulce	0.50	
b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales *	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda		300 kg/cm <sup>2</sup>
a] Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45	
b] Otros elementos	0.50	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas solubles, neblina o rocío de estas aguas	0.40	325 kg/cm <sup>2</sup>
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300 kg/cm <sup>2</sup>
La resistencia $f_c$ no deberá ser menor de	245 kg/cm <sup>2</sup>	por razones de durabilidad

*Fuente:* (ACI 211.1-91, 1991)

### 2.9.6. Factor cemento

Valor que viene dado directamente por la relación agua cemento, y la cantidad de agua encontrada de acuerdo al TMN.

### 2.9.7. Contenido de agregado grueso

El contenido en peso del agregado obtenido depende del tamaño máximo nominal y del módulo de finura del agregado fino.

**Tabla 9. Determinación de volumen de agregado grueso**

TMN del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
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: (ACI 211.1-91, 1991)

### 2.9.8. Volúmenes absolutos para la mezcla

Se calcula mediante la suma de los volúmenes de los componentes mencionados, tales como el agua, el aire, el cemento y el agregado grueso.

### 2.9.9. Contenido de agregado fino

Por diferencia de volúmenes entre  $1m^3$  y los volúmenes absolutos de la mezcla.

### 2.9.10. Valores del diseño de mezcla

Al multiplicar los volúmenes obtenidos por su peso específico de masa.

### 2.9.11. Corrección por humedad

Corrección que se hace por humedad en él se determinará cuanta cantidad aporta a la mezcla o cuanta cantidad le falta.

### 2.9.12. Proporción el peso

Transformación numérica que se hace a los valores calculados de los componentes de la mezcla por una unidad de cemento.

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Material

#### 3.1.1. Ubicación

Los agregados de estudio se obtuvieron de la cantera del río Chotano, que se encuentran ubicados en:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : CHOTA  
DISTRITO : COCHABAMBA

La ubicación en coordenadas: UTM GSW-84

Norte : 9284060.88 m

Este : 734189.90 m

Altitud : 1665 m.s.n.m.

**Figura 1. Ubicación geográfica en el Perú.**



*Fuente: INEI.*

**Figura 2. Ubicación en el departamento de Cajamarca.**



*Fuente:* IGN Perú – 2018.

**Figura 3. Ubicación en la provincia de Chota.**



*Fuente:* <https://www.familysearch.org/es/wiki/Chota>.

**Figura 4. Localización de la cantera del río Chotano.**



*Fuente: Google Earth.*

### **3.1.2. Época de investigación**

El estudio se realizó durante el período comprendido entre marzo y septiembre de 2023, en el Distrito de Cochabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

### **3.1.3. Población y muestra**

#### **3.1.3.1. Población**

La población en estudio abarca todas las probetas de concreto disponibles que podrían ser evaluadas en cuanto a su resistencia a la compresión, utilizando agregados originarios de Chota.

#### **3.1.3.2. Muestra**

La muestra de la investigación es 30 especímenes de 6" x 12" tomadas del concreto elaborado con agregado del río Chotano.

#### **3.1.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis considerada para esta investigación es el concreto elaborado con los agregados del río Chotano.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Variables**

Independiente: Agregados del río Chotano.

Dependiente: Resistencia a compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **3.2.2. Tipo de estudio**

La investigación es de tipo aplicada, ya que la evaluación del concreto tiene un enfoque práctico y busca generar resultados y conclusiones que puedan ser aplicados en la industria de la construcción, en el diseño de estructuras, en la selección de materiales y en la toma de decisiones relacionadas con el uso del concreto.

### **3.2.3. Nivel de investigación**

Es aplicada. El propósito fundamental de este estudio es alcanzar resultados específicos y cuantificables respecto a la resistencia a la compresión del concreto, utilizando los agregados provenientes del río Chotano. Estos resultados pueden ser utilizados para tomar decisiones en la selección y uso de los agregados en proyectos de construcción reales.

### **3.2.4. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental, ya que busca establecer relaciones causales entre variables. En el caso de la evaluación de la resistencia a compresión del concreto, este diseño es apropiado ya que permite controlar y manipular las variables independientes para determinar su efecto en la variable dependiente, que en este caso sería la resistencia a compresión del concreto.

## **3.3. Método de análisis de datos**

Esta investigación adopta el método de investigación hipotético deductivo. En este caso, se formularían hipótesis específicas sobre la relación entre variables y se realizarían deducciones lógicas para probar o refutar esas hipótesis.

### **3.4. Técnicas y métodos de recolección de datos**

La información fue obtenida mediante ensayos de acuerdo a las normas y bibliografía existentes, se medirá las variables en el estudio realizado, además de determinará la resistencia a la compresión del concreto con moldes de 6" x 12".

### **3.5. Procedimiento**

El procedimiento para la evaluación de la resistencia a compresión del concreto utilizando los agregados del río Chotano incluyo los siguientes pasos:

- a. Elección de agregados: se eligió el agregado del rio Chotano, decisión tomada por criterio del tesista.
- b. Propiedades de los agregados: mediante los ensayos realizados se determinará las propiedades de los agregados del rio chotano y se comprobara si cumplen con los requerimientos de las NTP.
- c. Preparación de la mezcla de concreto: Se prepara la mezcla de concreto utilizando los agregados del río Chotan. Se sigue una dosificación específica y se mezclan los materiales, como el cemento, los agregados, el agua, de acuerdo con las normas y estándares aplicables.
- d. Moldeado de especímenes de prueba: Se llenan los moldes de prueba, como cilindros, utilizando la mezcla de concreto preparada. Se siguen las dimensiones y requisitos establecidos por las normas correspondientes.
- e. Curado de los especímenes: Los especímenes de prueba se someten a un proceso de curado adecuado para garantizar un desarrollo óptimo de la resistencia del concreto. Esto puede incluir el curado en agua, en condiciones de humedad controlada o utilizando métodos de curado acelerado, según las especificaciones establecidas.
- f. Ensayo de resistencia a compresión: Una vez que los especímenes han alcanzado la edad de ensayo deseada (por ejemplo, 7, 14 o 28 días), se someten a ensayos de resistencia a compresión. Esto implica aplicar una carga gradual y controlada sobre el espécimen hasta que se produzca la falla. Se registra la carga máxima aplicada y se calcula la resistencia a compresión del concreto.
- g. Registro y análisis de resultados: Se registran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión y se analizan para determinar la resistencia promedio del concreto.

#### **3.5.1. Descripción de ensayos de los agregados.**

### 3.5.1.1. Método de ensayo de análisis granulométrico del agregado fino, grueso NTP 400.012 – 2013, ASTM C136/C136M-14

#### a. Equipos

**Balanzas:** Para el agregado fino, con una precisión de 0,1 gy una exactitud de hasta 0,1% con respecto a la masa de la muestra.

En cuanto al agregado grueso, se requiere una aproximación y precisión de 0,5 a 0,1% de la masa de la muestra.

**Tamices:** 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.

**Horno:** Un horno de dimensiones adecuadas con la capacidad de mantener una temperatura constante de 110 °C con una variación no superior a  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### b. Muestreo

El muestreo y cantidad de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010

Se seleccionó una muestra de aproximadamente 10 kg de agregado grueso con un tamaño de 1/2" para realizar la prueba, mientras que para el agregado fino se tomó una muestra de 500 g.

#### c. Procedimiento

- Proceda a secar la muestra hasta alcanzar un peso constante, manteniendo una temperatura de 110 °C con una variación no superior a  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Se eligen tamaños apropiados de tamices con el fin de obtener la información necesaria de acuerdo con las especificaciones que abarquen el material a ser sometido a ensayo.
- Realice el tamizado durante un tiempo suficiente de manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices pase a través de él durante 1 minuto de tamizado manual.
- Al concluir, se procedió a determinar y registrar la masa retenida en cada tamiz en gramos.

#### d. Cálculo

- Se realizó una Tabla con cinco columnas, en la primera se escribió los números de los tamices en orden decreciente.
- En la segunda columna se anotaron las masas retenidas en los respectivos tamices.
- En la tercera columna se anotaron los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra.

- En la cuarta columna se anotaron los porcentajes retenidos acumulados.
- En la columna cinco se anotaron los porcentajes que pasa (100 – % Retenido Acumulado en la malla N).
- El módulo de fineza de los agregados se calculó dividiendo la sumatoria de los % retenidos acumulados de la cuarta columna y dividir la suma entre 100: 150 µm ( N° 100); 300 µm ( N° 50); 600 µm ( N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

$$MF = \frac{\% \text{Ret. Acum}(3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

- Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % y 10 %).

### 3.5.1.2. Método de ensayo para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado NTP 339.185 – 2013, ASTM C566-19

#### a. Equipos

**Balanzas:** La balanza tiene una sensibilidad del 0,1 % con respecto al peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso. Además, en cualquier intervalo equivalente al 10 % de la capacidad de la balanza, la indicación del peso debe mantener una precisión del 0,1 % con respecto al rango indicado.

**Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C.

**Recipiente para la muestra:** Se requiere un recipiente que no se vea afectado por el calor y que tenga una capacidad suficiente para contener la muestra sin riesgo de derrames.

#### b. Muestreo

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010.

#### c. Procedimiento

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.

- Secar la muestra completamente en el recipiente en el horno, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

**d. Cálculo**

Calcular el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

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

Donde:

- P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje
- W = Masa de la muestra húmeda original en gramos
- D = Masa de la muestra seca en gramos

**3.5.1.3. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) NTP 400.017 – 2011, ASTM C29/C29M-17a**

**a. Equipos**

**Balanzas:** sensibilidad del 0,1 % con respecto al peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduación al menos de 0,05 kg.

**Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

**Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .

**Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas.

**Pala o cucharón:** Una pala o cucharón de un tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.

**b. Muestreo**

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010.

**c. Procedimiento**

### **Peso Unitario Compactado**

- Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie.
- Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente.
- Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba.
- Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

### **Peso Unitario Suelto**

- Llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

#### **d. Cálculo**

Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado, o peso suelto como sigue:

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

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m<sup>3</sup>

G = Masa del agregado más recipiente, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>

#### **3.5.1.4. Método de ensayo para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso NTP 400.021-2013, ASTM C127-15**

##### **a. Equipos**

**Balanzas:**

La balanza debe tener una sensibilidad de 0,5 gy una capacidad de 5.000 gramos o más. Además, la balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre sobre el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesaje.

**Cesta con malla de alambre:** El cesto debe tener una abertura correspondiente al tamiz N° 6 o de tamaño menor. Asimismo, su construcción debe evitar la captura de aire cuando esté sumergido.

**Depósito de agua:** Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

**Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### **b. Muestreo**

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010

#### **c. Procedimiento**

- Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 h a 3 h.
- Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda.
- Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se deja enfriar hasta la temperatura de ambiente, durante 1 h a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómodo al tacto (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y se pesa.

#### **d. Cálculo**

### **Peso específico de masa (Pem)**

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

Donde:

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

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

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

### **Absorción (Ab)**

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

#### **3.5.1.5. Método de ensayo para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino NTP 400.022 – 2013, ASTM C128-15**

##### **a. Equipos**

**Balanzas:** Una balanza con capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0,1 g o menos.

**Picnómetro:** En este proceso, la muestra de agregado fino puede ser introducida de manera eficiente en un recipiente en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado con una precisión de  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . El volumen del recipiente, lleno hasta la marca, debe ser al menos un 50 % mayor que el espacio necesario para acomodar la muestra de ensayo.

##### **El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:**

El molde metálico debe tener la forma de un tronco de cono con las siguientes dimensiones: un diámetro interior de  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  en la parte superior, un diámetro interior de  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  en la parte inferior, y una altura de  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ ; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora metálica debe tener una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara plana circular de apisonamiento con un diámetro de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ .

**Horno:** mantener una temperatura uniforme de  $110^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ .

##### **b. Preparación de la Muestra**

- Colocar la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secar en la estufa hasta una masa constante a una temperatura  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Dejar que se enfríe a temperatura apropiada de manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), cubrir con agua, ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6 % de humedad del agregado fino y se deja reposar durante  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para garantizar el secado homogéneo, hasta que la muestra de ensayo obtenga una condición de flujo libre.
- Continuar secando con agitación constante y ensayar a intervalos frecuentes hasta que la prueba indique que la muestra ha alcanzado una condición de superficie seca.

**c. Procedimiento**

- Llenar parcialmente el picnómetro con agua.
- Introducir en el picnómetro  $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$  de agregado fino de saturada seca superficialmente, y llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad.
- Rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro. de 15 min a 20 min para eliminar las burbujas de aire por métodos manuales.
- Determinar la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.
- Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno, a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enfriar en aire a temperatura ambiente durante  $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ , y determinar la masa.
- Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**d. Cálculo**

**Densidad relativa (gravedad específica) (seca al horno seco)**

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (OD)} = \frac{A}{B + S - C}$$

**Densidad relativa (gravedad específica) saturado superficialmente seca:**

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)} = \frac{S}{B + S - C}$$

**Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente):**

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{B + A - C}$$

**Absorción (Ab)**

$$\text{Ab, (\%)} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Dónde:

A = masa de la muestra seca al horno en gramos.

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración en gramos.

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración en gramos.

S = masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción en gramos.

**3.5.1.6. Método de ensayo por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles NTP 400.019 – 2002, ASTM C131/C131M-14**

**a. Equipos:**

**Máquina de los Ángeles:** consistirá en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, y dimensiones de acuerdo a NTP 400.019 y ASTM C131.

**Balanza:** con exactitud al 0,1% de la carga de ensayo.

**Tamiz:** tamiz N°12

**Carga:** consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8mm de diámetro. el número de esferas de acuerdo a la gradación A es 12 de 500±25g.

**b. Muestreo:**

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010

**c. Procedimiento:**

- Lavar y secar al horno la muestra a 110°C ± 5°C
- Registrar la masa con aproximación a 1g.

- Colocar la muestra de ensayo y la carga en la maquina los ángeles y rotar a una velocidad de 30 rpm a 33 rpm, por 50 revoluciones.
- Descargar el material y realizar la separación el en tamiz 1,70mm (N°12).
- Tamizar y lavar el material mar grueso que la malla que la malla 1,70mm (N°12) y secar al horno 110°C ± 5°C
- Registrar la masa con aproximación a 1g.

**d. Calculo:**

$$De = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100$$

De: Porcentaje de resistencia a la abrasión

Wo: Peso original

Wf: Peso final

**3.5.1.7. Método de ensayo para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 75µm (N°200) por lavado NTP 400.018 – 2002, ASTM C117 - 17**

**a. Equipos:**

**Tamices:** se utiliza el tamiz normalizado de 1,18 mm (N°16) y el de 75µm (N°200).

**Recipientes:** con capacidad de la muestra cubierta de agua.

**Balanza:** sensible a 0,1% del peso medido.

**Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C.

**b. Muestreo.**

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.010 con cantidad mínima de 300 g.

**c. Procedimiento.**

- Secar la muestra horno la muestra a 110°C ± 5°C
- Registrar la cantidad al 0,1% de la masa de la muestra.
- Tamizar y lavar el material en la malla 75µm (N°200)
- Determinar la masa que pasa seca al horno 110°C ± 5°C

**d. Cálculo:**

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Dónde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75µm (Nº 200) por vía húmeda.

P<sub>1</sub> = Peso seco de la muestra original en gramos

P<sub>2</sub> = Peso seco de la muestra ensayada en gramos

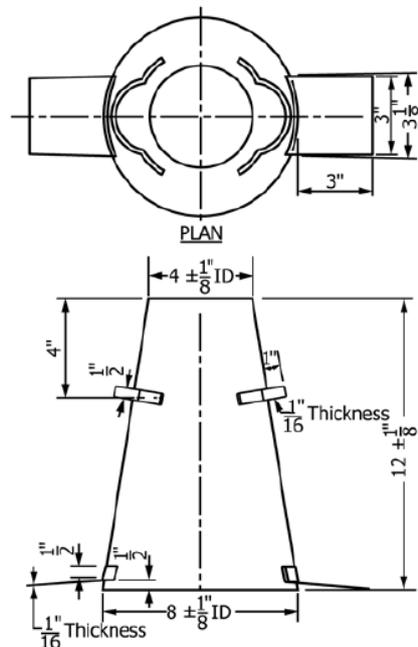
**3.5.2. Descripción de ensayos del concreto.**

**3.5.2.1. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland según la NTP 339.035 - 2009 y ASTM C143/C143M-15a.**

**a. Equipos:**

Moldes: El molde debe adoptar la forma de la superficie lateral de un tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulgadas) en la base inferior, un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas).

**Figura 5. Molde para el ensayo de asentamiento.**



Fuente: ASTM C143/C143M-15a.

**Barra compactadora:** Una barra cilíndrica de acero liso, de 5/8" (16 mm)  $\pm$  1/16" (2mm) de diámetro y aproximadamente 24" (600 mm) de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeado a una semiesfera con un diámetro de 16 mm.

**Dispositivo de medida:** Una regla, cinta métrica de metal o instrumento similar rígido o semirígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 1/4" (5 mm) o menores. La longitud del instrumento debe ser por lo menos de 12" (300 mm).

**Cucharón:** De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el molde.

## **b. Muestreo.**

Las muestras de concreto sobre la cual se realizan las pruebas deberán ser representativas de la tanda y se tomará de acuerdo con lo indicado en la NTP 339.036 (muestreo de mezclas de concreto fresco).

## **c. Procedimiento.**

- Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- Con la muestra de concreto obtenido, se llena el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde.
- Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa.
- La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si como resultado de la operación de varillado hubiere una deficiencia material, se debe añadir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento.
- Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde.

- Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde una altura de 300 mm en  $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$  con un movimiento ascendente firme.
- Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

**d. Informe:**

Informar el asentamiento de la muestra de concreto, medido en milímetros con aproximación a los 5 mm, durante el ensayo.

**3.5.2.2. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio según la NTP 339.183 – 2009 y ASTM C 192.**

**a. Equipos:**

**Moldes Cilíndricos:** Moldes verticales para elaborar especímenes de concreto.

**Varilla de Compactación:** varilla de acero de sección circular recta y con el extremo de compactado redondeado a una punta semiesfera de 16mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 600mm (24”) de largo.

**Martillo de Goma:** de un peso  $0,6\text{kg} \pm 0,20 \text{ kg}$  ( $1,25 \pm 0,50 \text{ lb}$ ).

**b. Muestreo.**

El número de especímenes y el número de tandas de prueba dependerán del ensayo establecido, usualmente tres o más especímenes para cada edad y condiciones de prueba. Las edades generalmente son 7 y 28 días para resistencia a compresión o 14 y 28 para resistencia a la flexión.

**c. Procedimiento.**

- Mezclar el concreto en una mezcladora o a mano.
- Se añade el agregado grueso, una parte del agua de mezcla, luego adicionar el agregado fino, el cemento y agua, poner en funcionamiento.
- Mezclar el concreto durante 3 min seguido por 3 min de reposo y 2 min finales de mezclado

**Elaboración de especímenes**

- Colocar el concreto en los moldes con un cucharón.
- Preparar en capas de acuerdo a la tabla

**Tabla 10. Numero de capas requerida por espécimen.**

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación.	Número de capas de aproximadamente igual profundidad.
Cilindros		
Diámetro en mm (pulg)		
<b>75 a 100 (3 o 4)</b>	varillado	2
<b>150 (6)</b>	varillado	3
<b>225 (9)</b>	varillado	4
<b>Hasta de 225 (9)</b>	varillado	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico:		
Profundidad en mm (pulg)		
<b>Hasta 200 (8)</b>	varillado	2
<b>Más de 200 (8)</b>	varillado	3 o más
<b>Hasta 200 (8)</b>	Vibración	1
<b>Más de 200 (8)</b>	Vibración	2 o más

*Fuente: (NTP 339.183, 2013)*

### 3.5.2.3. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP 339.034 - 2008 y ASTM C39/C39M-18.

#### a. Equipos:

**Máquina de ensayo:** La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada.

**Probetas:** Las probetas de 4 y 6 pulgadas de diámetro y 6 y 12 pulgadas de longitud, la relación de la longitud del espécimen al diámetro deberá ser mayor a 1,75.

#### b. Procedimiento.

- Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.
- Retirar cualquier humedad superficial con una toalla
- Determinar el diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0,25 mm por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta.

- Determinar la longitud promedio y registrarla al medir la longitud de la probeta con aproximación a 1 mm en tres espacios separados equidistantemente alrededor de la circunferencia.
- Determinar la masa de la probeta.
- Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal.
- Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura
- Alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s [ $35 \pm 7$  psi/s]
- El cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima.
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura.

**c. Cálculo:**

Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.

Formula:

$$f'c = \frac{P_{\max}}{\text{Área}} = \frac{4P_{\max}}{\pi D^2}$$

$f'c$  = resistencia a la compresión en (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{\max}$  = carga máxima en kg

Área = area de aplicación de la carga en cm<sup>2</sup>

D = Diámetro promedio.

Calcular la densidad del espécimen con aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup> [11lb/ft<sup>3</sup>] como sigue:

$$\text{Densidad} = W / V$$

Dónde:

W = Masa del espécimen en kg

V = Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Granulometría

#### Agregado fino

En la Tabla 11 y Figura 6 (Anexo 1), se puede evidenciar que el material presenta un módulo de finura de 2.66, es decir que cumple con el parámetro de la norma donde indica que el módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1, por lo tanto, se califica como un material bien gradado.

#### Agregado Grueso

Se puede evidenciar en la tabla 12 y el gráfico 2 que el agregado se ajusta al huso granulométrico 67 de acuerdo a la norma NTP 400.037 y ASTM C33, además de acuerdo al ensayo granulométrico se determinó que el TMN del agregado es de 3/4" y su módulo de finura es 6.93, por lo tanto, se concluyó que este agregado es aceptable para la elaboración de concreto.

### 4.2. Peso Unitario de los agregados

En las Tablas 13, 14, 15 y 16 (Anexo 1), se presentan los resultados de los ensayos de peso unitario suelto seco y suelto compactado para el agregado fino y grueso. Se observa que el peso unitario suelto del agregado fino es de 1541.2 kg/m<sup>3</sup>, siendo este valor mayor que el peso unitario suelto seco del agregado grueso, que es de 1531.9 kg/m<sup>3</sup>. Esta diferencia nos ayuda a concluir que el agregado fino tiene una mayor facilidad para acomodarse y evitar la formación de vacíos.

Además, se calcula el peso unitario suelto seco compactado del agregado fino, obteniendo un valor de 1692,3 kg/m<sup>3</sup>. En comparación, el peso unitario suelto compactado del agregado grueso es de 1706.8 kg/m<sup>3</sup>, siendo este último más elevado debido a su mayor densidad.

En la Tabla 17 (Anexo 1), se muestra el factor de corrección, esto de acuerdo a la norma (NTP 400.017, 2011), teniendo un factor de corrección para el agregado fino de 0.356 y 0.106 del agregado grueso.

### **4.3. Peso específico de masa (Densidad) y Absorción**

En las tablas 18 y 19 (Anexo 1), se presentan los resultados de los ensayos, donde los valores obtenidos para los pesos específicos en masa y saturado del agregado fino son 2.56 y 2.61 respectivamente, mientras que para el agregado grueso son 2.78 y 2.81. Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por la norma ASTM C128, que define como pesos específicos en masa y saturado para agregados finos, gruesos aquellos que se sitúan entre 2.4 y 2.9. En consecuencia, los materiales ensayados cumplen con los estándares recomendados para su uso en la elaboración de concreto.

La humedad libre de los agregados analizados muestra valores positivos, indicando que estos proporcionarán agua a la mezcla. Esta determinación debe tenerse en cuenta al realizar el diseño de mezclas, ya que se deberá descontar esta cantidad de agua de la cantidad total sugerida por las Recomendaciones de ACI.

### **4.4. Contenido de humedad**

En la Tabla 20 (Anexo 1), se aprecia los resultados del contenido de humedad, habiendo obtenido 0.94% para el agregado fino, 2.63% para el agregado grueso. Según la norma ASTM C70 el contenido de humedad del fino debe estar del 2% al 6% y del agregado grueso del 0.5% al 2%, finalmente de los resultados se puede evidenciar que el contenido de humedad de agregado fino está por debajo del rango establecido, en cambio del agregado grueso está dentro del rango, es decir cumple con lo establecido por la norma.

### **4.5. Porcentaje que pasa la malla 200**

De la tabla 21 (Anexo 1), se puede concluir que el porcentaje de partículas menores que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino es de 3.49 %, por lo tanto, estaría cumpliendo con la norma la cual establece que el máximo es de 5%. Además, también se determinó que el porcentaje de partículas menores que pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso es de 0.84%, es decir de igual forma estaría cumpliendo con la norma que establece como máximo de 1%.

### **4.6. Análisis de los resultados de concreto**

#### **4.6.1. Peso Unitario del concreto**

### **Tabla 11. Resumen del cálculo de Peso Unitario**

En la Tabla 35, 36 y 37 se evidencia el peso unitario del concreto a los 7, 14 y 28 días respectivamente de cada espécimen, asimismo se obtuvo el peso unitario promedio que se indica en la Tabla 38, alcanzando un valor de 2343.79 kg/cm<sup>3</sup>, por lo tanto, este valor está dentro de lo recomendado por la norma que es de 2200 kg/cm<sup>3</sup> a 2400 kg/cm<sup>3</sup> para un concreto normal, finalmente se concluyó que el valor obtenido es adecuado.

#### **4.6.2. Resistencia a compresión del concreto**

Se obtuvo la resistencia a compresión del concreto a edades de 7, 14 y 28 días respectivamente evidenciando los resultados en las Tablas 39, 40 y 41 y Figura 8 (Anexo 4), lo cual se obtuvo que la resistencia a concreto en la edad de 7 días es 209.87 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días es 254.87 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días es 287.37 kg/cm<sup>2</sup>, es decir el concreto a medida que mayor edad tiene aumenta su resistencia. Además, sus porcentajes de resistencia promedio es de 94.94%, 121.37% y 136.84%, demostrando que se cumple con las normas y el método de diseño para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Siendo los resultados aceptables.

#### **4.7. Diseño de mezcla (Comité ACI - 211)**

En la Tabla 34 se indica la cantidad de agregados para la elaboración de una tanda que es la fabricación de 3 probetas, obteniendo como resultado 7.74 kg de cemento, 13.28 kg de agregado fino, 21.90 de agregado grueso y 4.08 litros de agua.

#### **4.8. Contrastación de hipótesis**

Basado en los resultados obtenidos, La investigación se centró en evaluar la resistencia a compresión del concreto utilizando los agregados provenientes de la cantera del río Chotano para el diseño de concreto  $f'c = 210$ kg/cm<sup>2</sup>, y determinar si cumple con la Norma ASTM. Los resultados obtenidos confirman que la hipótesis planteada es VERDADERA. En otras palabras, se ha comprobado que el concreto elaborado con los agregados de la cantera del río Chotano cumple con los estándares establecidos por la Norma ASTM en términos de resistencia a compresión. Esta conclusión respalda la viabilidad y calidad de utilizar estos agregados en la construcción de estructuras de concreto.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La resistencia a compresión del concreto haciendo uso de los agregados de la cantera del río Chotano, disminuyó en 5.06% en la evaluación a 7 días de curado, sin embargo, al ser sometidos a ensayos de compresión a edades de 14 y 28 días, la resistencia aumento en 21.37% y 36.84% respectivamente, en comparación con la resistencia de diseño.
- Al determinar el diseño de mezclas para concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se obtuvo que para la preparación de un metro cúbico de concreto utilizando los agregados del río Chotano, se necesitan 9.11 bolsas de cemento, 0,24 m<sup>3</sup> de agregado fino, 0,40 m<sup>3</sup> de agregado grueso y 0,20 m<sup>3</sup> de agua.
- El análisis granulométrico se ajusta al huso granulométrico 67, conforme a la norma NTP 400.037 y ASTM C33. Además, los pesos específicos en masa y saturados para los agregados finos y gruesos se encuentran dentro del rango establecido por la norma ASTM C128. Del mismo modo, el contenido de humedad y las partículas menores que pasan por el tamiz N°200 del agregado fino y grueso son del 3.49% y 0.84%, respectivamente, cumpliendo con lo establecido como máximo permitido por la normativa, los agregados analizados de la cantera del río Chotano son adecuados para la elaboración del concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a las futuras investigaciones que puedan realizar nuevas metodologías y el diseño, quizá utilizando el método de combinación de agregados, o método de Walker, para ver la comparación de los resultados con los métodos diferentes y a que conclusión se puede llegar.
- Realizar estudios de ríos cercanos a la zona de estudio para ver como varía las propiedades de los agregados, con respecto a la de la del río Chotano, en el distrito de Cochabamba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

400.022:2013, N. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3a Edición Reemplaza a la NTP 400.022:2013.*

Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto. Lima, Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.*

ACI 211.1-91. (1991). *Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y en masa.*

ACI 318R-19. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.*

ACI 318S-14. (2014). *REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI 318S-14) Y COMENTARIO (ACI 318SR-14).*

Aguilar Coro, D. I. (2019). *Variación de la Resistencia a compresión de un concreto compactado  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al usar agregado grueso reciclado. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.*

Alcalde, S. (2015). *Evaluación del agregado proveniente de la cantera “rio cajamarquino” para la elaboración de concreto permeable para pavimento rígido, Cajamarca 2015.*

Anaya, E & Suarez, O. (2016). *Evaluación de la resistencia a la compresión para mezclas de concretos de 3000 psi elaboradas con combinaciones de agua del río magdalena y de agua potable a distintas proporciones.*

ASTM C231 / C231M - 17a. (2017). *El contenido de aire del hormigón recién Mezclado por el Método de Presión.*

ASTM C33/C33M-18. (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates.*

ASTM C496/C496M -17. (2017). *Método de prueba estándar para resistencia a la tracción de especímenes de hormigón cilíndrico.*

ASTM C642. (2013). *ASTM C642 - 13.*

Bermúdez Hernández, R. D. (2021). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto con la sustitución de residuos de construcción y demolición como agregado grueso. (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa, CUC, Barranquilla.*

Carranza, J. (2021). *Resistencia de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con los agregados de las canteras de la provincia de Chota, Cajamarca – 2018.*

Cervantes Abarca, R. E. (2021). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL ELABORADO EN OBRAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA, CHICLAYO 2020. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.*

Chinchercoma, A. (2018). *Evaluación del concreto elaborado con agregado del río San Gabán, en la ciudad de San Gabán, Carabaya – Puno 2017.*

Civilgeeks. (2011). *Civilgeeks. Obtenido de Civilgeeks: <https://civilgeeks.com/2011/12/10/la-resistencia-a-la-traccin-del-concreto/>*

Concretoen360. (s.f.). *360enconcreto. Obtenido de 360enconcreto: <https://www.360enconcreto.com/>*

Cuyate Atencio, C. D. (2019). *Evaluación de la resistencia en compresión del concreto usado en construcciones informales en la ciudad de Monsefú, Chiclayo. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo.*

GALVES, F., CENDON, D., & SANCHEZ., V. (2003). *Modelización numérica de la fractura en ensayos brasileños de materiales cerámicos a alta velocidad de deformación. Anales de mecánica de fractura.*

Gamonal, R. (2021). *Evaluación de las propiedades de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada en ciudad de Cutervo.*

Gonzales, & Robles. (2005). *Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado. Libro. México D.F.*

Guitierrez Abanto, J. C. (2012). *Manual de Laboratorio de Tecnología del Concreto y de los Materiales.*

kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU.

López Rivera, G. A. (s.f.). *Concreto Simple*. Universidad del Cauca, Colombia.

Niño Hernández, J. R. (2010). *Tecnología del concreto (Vol. I)*. Colombia.

NTP 339.035. (2009). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*.

NTP 339.047. (2006). *Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*. Lima: Comisión de Reglamentos y Comerciales - INDECOPI.

NTP 339.183. (2013). *Método de ensayo normalizado para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio*.

NTP 339.185:2013. (2018). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. 2ª Edición Reemplaza a la NTP 339.185:2013. Perú.

NTP 400.012:2013 (2018). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 400.012:2013. Perú.

NTP 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*.

NTP 400.018, N. (2002). *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan el tamiz normalizado 75  $\mu$ m (Nº200) por lavado en agregados*.

NTP 400.019. (2002). *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 Los Angeles*. Perú.

NTP 400.037. (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto* 3ª Edición. Perú.

NTP, 4. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3a Edición Reemplaza a la NTP 400.021:2013.*

Pascal Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú. Lima.*

Portugal Barriga, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*

Rivva López, E. (2002). *Concreto de alta resistencia.*

Rivva López, E. (2013). *Diseño de Mezclas.*

Rivva López, E. (2013). *Naturaleza y materiales del concreto.*

RNE E060, R. N. (2009). *E060 Concreto Armado.*

Sánchez de Guzmán, D. (2016). *Tecnología del concreto y del mortero. Colombia: Shandra Editores.*

Sanchez Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y Mortero. Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogota, Colombia.*

Silva, C & Valbuena, H. (2019). *Evaluación de mezclas de concreto con agregados de Cajicá, Madrid y El Guamo para obtener una resistencia superior a 4000 psi.*

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

### 1. Análisis granulométrico de los agregados

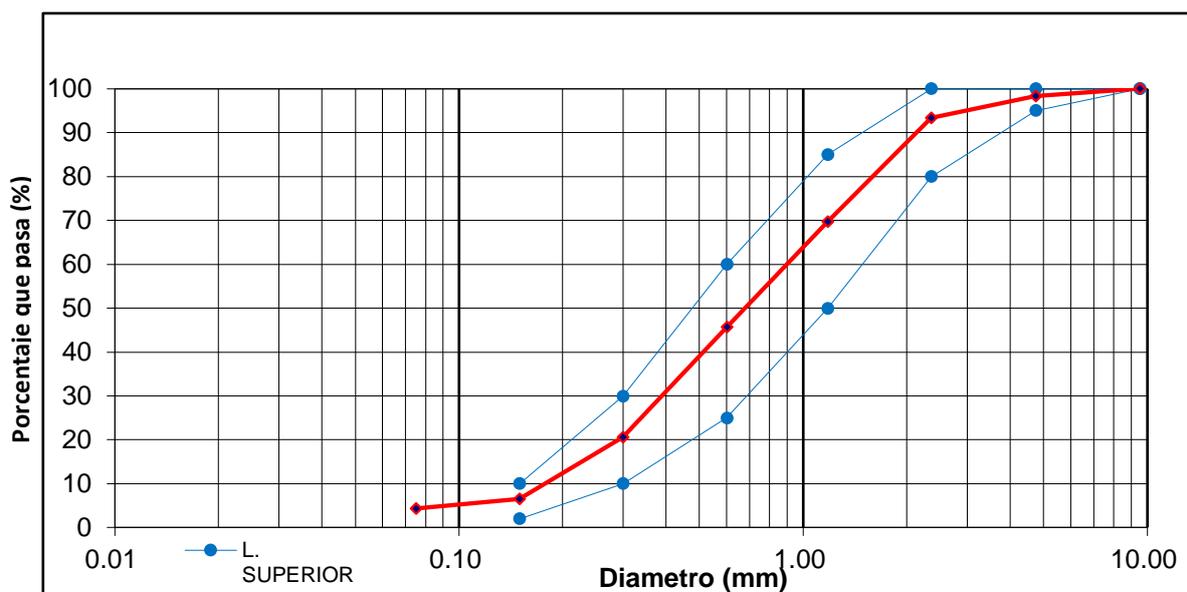
#### Agregado fino

Se realizó los ensayos correspondientes para determinar la granulometría de los agregados, y ver como se ubica dentro del uso granulométrico ASTM C-33.

**Tabla 12. Análisis Granulométrico del agregado fino**

	Malla	Peso Ret. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% Que pasa	ASTM C33% Que pasa
3/8"	9.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100
Nº 4	4.75 mm	8.22	1.64	1.64	98.36	95-100
Nº 8	2.36 mm	25.25	5.05	6.69	93.31	80-100
Nº 16	1.18 mm	118.12	23.62	30.32	69.68	50-85
Nº 30	600 µm	120.15	24.03	54.35	45.65	25-60
Nº 50	300 µm	125.20	25.04	79.39	20.61	10-30
Nº100	150 µm	70.16	14.03	93.42	6.58	2-10
Nº200	75 µm	10.99	2.20	95.62	4.38	-
Fondo	-	21.91	4.38	100.00	0.00	-
<b>TOTAL</b>		500.00	0.00		<b>MF =</b>	2.66

**Figura 6. Curva Granulométrica del agregado fino.**

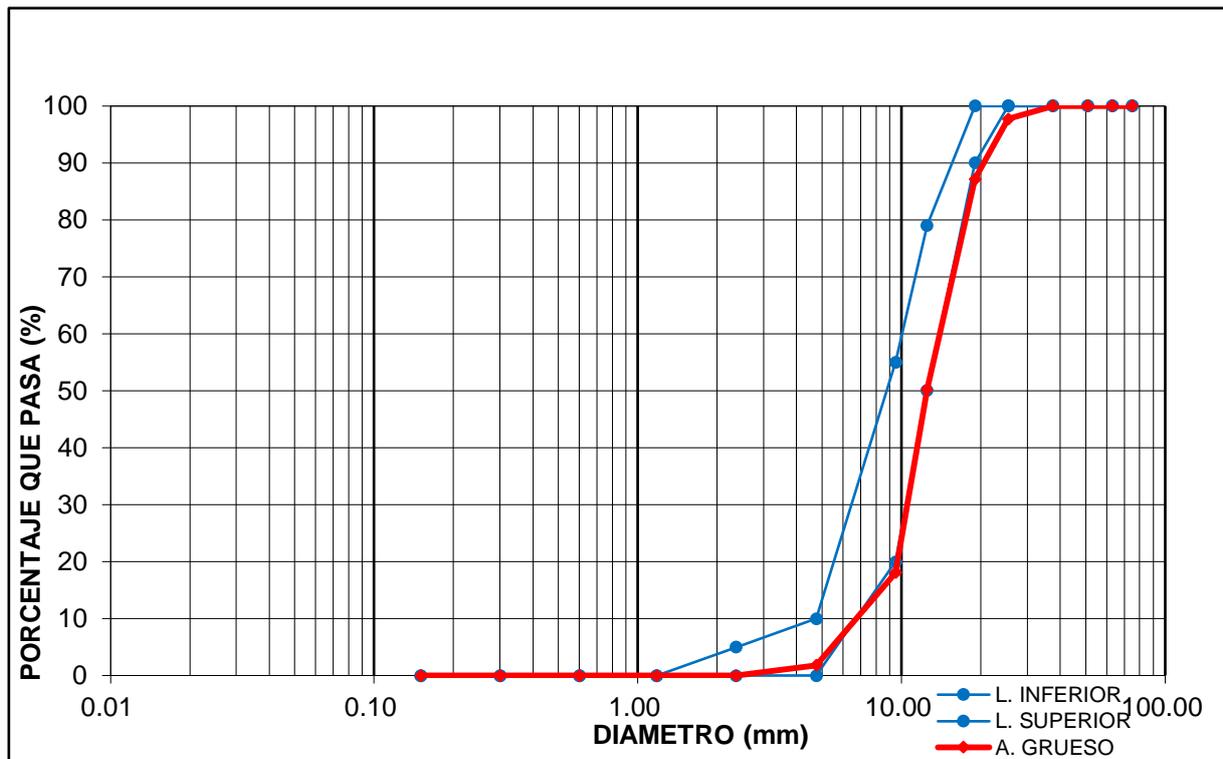


## Agregado Grueso

**Tabla 13. Análisis granulométrico del agregado grueso**

Malla		Peso Ret. (g)	% RET. PARC.	% RET. ACUM.	% Que pasa	HUSO 67		
						Lim. Inf.	Lim. Sup.	
4"	100.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3 1/2"	90.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
3"	75.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
2 1/2"	63.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
2"	50.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1/2"	37.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
1"	25.00 mm	231.0	2.31	2.31	97.69	100.00	100.00	
3/4"	19.00 mm	1052.0	10.52	12.83	87.17	90.00	100.00	
1/2"	12.50 mm	3692.0	36.92	49.75	50.25	50.00	79.00	
3/8"	9.50 mm	3216.0	32.16	81.91	18.09	20.00	55.00	
Nº 4	4.75 mm	1627.0	16.27	98.18	1.82	0.00	10.00	
Nº 8	2.36 mm	182.0	1.82	100.00	0.00	0.00	5.00	
<b>TOTAL</b>		TOT=10000.0				<b>MF</b>	6.93	
						<b>TMN</b>	3/4"	

**Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.**



## 2. Peso Unitario de los agregados

### Peso Unitario Suelto del agregado fino

**Tabla 14. Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa del recipiente (g)	4195	4195	4195	4195	4195
B = Masa del recipiente con agregado (g)	8532	8526	8522	8529	8526
C = B-A (Masa del material en g)	4337	4331	4327	4334	4331
Factor de corrección (f)	0.356	0.356	0.356	0.356	0.356
D = C*f (Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ))	1543.0	1540.9	1539.5	1541.9	1540.9
Peso Unitario (Promedio) kg/m <sup>3</sup>	1541.2				

**Tabla 15. Peso Unitario Suelto Seco Compactado del agregado fino**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa del recipiente (g)	4195	4195	4195	4195	4195
B = Masa del recipiente con agregado (g)	8957	8945	8953	8955	8948
C = B-A (Masa del material en g)	4762	4750	4758	4760	4753
Factor de corrección (f)	0.356	0.356	0.356	0.356	0.356
D = C*f (Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ))	1694.2	1689.9	1692.8	1693.5	1691.0
Peso Unitario (Promedio) kg/m <sup>3</sup>	1692.3				

### Peso Unitario Suelto del agregado grueso

**Tabla 16. Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa del recipiente (g)	7792	7792	7792	7792	7792
B = Masa del recipiente con agregado (g)	22252	22238	22248	22244	22240
C = B-A (Masa del material en g)	14460	14446	14456	14452	14448
Factor de corrección (f)	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
D = C*f (Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ))	1532.7	1531.2	1532.3	1531.8	1531.4
Peso Unitario (Promedio) kg/m <sup>3</sup>	1531.9				

**Tabla 17. Peso Unitario Suelto Seco Compactado del agregado grueso**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa del recipiente (g)	7792	7792	7792	7792	7792
B = Masa del recipiente con agregado (g)	23902	23888	23898	23893	23892
C = B-A (Masa del material en g)	16110	16096	16106	16101	16100
Factor de corrección (f)	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
D = C*f (Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ))	1707.6	1706.1	1707.2	1706.6	1706.5
Peso Unitario (Promedio) kg/m <sup>3</sup>	1706.8				

**Tabla 18. Factor de corrección del agregado fino y grueso**

Descripción	A.F	A.G
Diámetro (cm)	15.4	20.9
Altura (cm)	15.09	27.5
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2810.739	9434.42
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002811	0.00943
Factor para el recipiente	0.356	0.106

### 3. Peso específico de masa (Densidad) y Absorción

#### Peso específico de masa y absorción del agregado fino

**Tabla 19. Peso específico de masa y absorción del agregado fino**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa en el aire secada al horno (g)	491.20	491.50	491.20	491.20	491.30
B = Masa del picnómetro lleno más agua (g)	660.68	660.68	660.68	660.68	660.68
C = Masa del picnómetro aforado con muestra y lleno hasta calibración (g)	968.82	968.83	968.83	968.82	968.81
S = Peso de la muestra SSS (g)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Pe = A/(B+S-C) Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
<b>Peso específico de masa</b>			<b>2.56</b>		
PeSSS = B/(B-C) Peso específico saturado (g/cm <sup>3</sup> )	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
<b>Peso específico saturado</b>			<b>2.61</b>		
Ab = (S-A) / A (%)	1.79%	1.73%	1.79%	1.79%	1.77%
<b>Absorción</b>			<b>1.77%</b>		

#### Peso específico de masa y absorción del agregado grueso

**Tabla 20. Peso específico de masa y absorción del agregado grueso**

DESCRIPCION	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A = Masa en el aire secada al horno (g)	4000.00	4000.00	4000.00	4000.00	4000.00
B = Masa en el aire de la muestra SSS (g)	4040.23	4040.35	4039.80	4040.10	4040.20
C = Masa sumergida de la muestra saturada (g)	2602.20	2602.30	2602.30	2602.20	2602.20
Pe = A/(B-C) Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
<b>Peso específico de masa</b>			<b>2.78</b>		
PeSSS = B/(B-C) Peso específico saturado (g/cm <sup>3</sup> )	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
<b>Peso específico saturado</b>			<b>2.81</b>		
Ab = (B-A) / A (%)	1.01%	1.01%	1.00%	1.00%	1.01%
<b>Absorción</b>			<b>1.00%</b>		

#### 4. Contenido de humedad

**Tabla 21. Contenido de humedad**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>A. Fino</b>	<b>A. Grueso</b>
A = Masa humedad de la muestra (g)	10800	390.48
B = Masa seca de la muestra (g)	10698	380.2
<b>C = (A-B) /A Contenido de humedad (%)</b>	<b>0.94%</b>	<b>2.63%</b>

#### 5. Porcentaje que pasa la malla 200

**Tabla 22. Porcentaje que pasa la malla 200**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>A. F</b>	<b>A. G</b>
A = Masa seca de la muestra (g)	300	4500
B = Masa seca después de lavar (g)	289.52	4462
<b>C = (A-B)/A Material que pasa por la malla 200 (%)</b>	<b>3.49%</b>	<b>0.84%</b>

## ANEXO 2: DISEÑO DE MEZCLAS

### 1. Requerimientos de diseño

- Resistencia especificada ( $f'c$ ) = 210 kg/cm<sup>2</sup> (A los 28 días)
- Consistencia de mezcla = Fluida ( $\geq 5''$ )
- Condición de exposición = Sin aire incorporado

### 2. Requerimiento del cemento

- Tipo de cemento = Cemento Pacasmayo Tipo I
- Peso específico = 3.12 g/cm<sup>3</sup>

### 3. Características del agua

- Tipo de agua = Potable

### 4. Características de los agregados

- Agregado fino

**Tabla 22. Características del agregado fino**

Descripción	Cantidad
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.60
Absorción (%)	1.20
Contenido de Humedad (%)	0.5
Módulo de finura	2.66

- Agregado grueso

**Tabla 23. Características del agregado grueso**

Descripción	Cantidad
Tamaño Máximo Nominal	3/4''
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.78
Absorción (%)	1.00
Contenido de Humedad (%)	2.63
Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1706.80

### 5. Determinación de la resistencia promedio

Se determina según la siguiente tabla, ya que no se cuenta con datos anteriores.

**Tabla 24. Determinación de la resistencia promedio**

$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$	$f'c + 70$
<b><math>210 \leq f'c &lt; 350</math></b>	<b><math>f'c + 84</math></b>
$f'c \geq 350$	$f'c + 98$

Fuente: (RNE E060, 2009)

Entonces la resistencia la compresión sería:

$$f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

## 6. Volumen unitario del agua

Se determinará según la siguiente tabla.

**Tabla 25. Tabla para volumen unitario del agua**

Asentamiento	Agua, en L/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos Sin Aire Incorporado (No hay congelamiento)</b>								
<b>1 a 2</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3 a 4</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6 a 7</b>	243	228	<b>216</b>	202	190	178	160	...
<b>Concretos Con Aire Incorporado (Congelamiento)</b>								
<b>1 a 2</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3 a 4</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6 a 7</b>	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)

De acuerdo al requerimiento de diseño de concreto se conoce que la consistencia es mayor a 5 pulgadas, sin aire incorporado, además se sabe que el TMN según la Tabla 23 es 3/4", por lo tanto, se obtiene como resultado 216 litro de agua indicado en la Tabla 25.

## 7. Contenido de aire de la mezcla

Se determinará de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 26. Contenido de aire de la mezcla**

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	<b>2.0 %</b>
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)

De acuerdo a la Tabla 23 se conoce que el TMN es de 3/4", por lo tanto, el contenido de aire de la mezcla es 2 % indicado en la Tabla 26.

## 8. Relación agua cemento

Se determinará de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 27. Relación agua cemento por durabilidad**

f'cr 28 días	Relación: agua - cemento de diseño en peso					
	Concretos Sin Aire		Concretos Con Aire Incorporado			
150	0.80		0.71			
200	0.70		0.61			
<b>250</b>	<b>0.62</b>		0.53			
<b>300</b>	<b>0.55</b>		0.46			
350	0.48		0.40			
400	0.43		...			
450	0.38		...			

*Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)*

Como se puede observar en la Tabla 27 no se puede encontrar directamente la relación agua cemento para un f'cr de 294 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, se interpolará para encontrar este valor.

f'cr	A/C
250	0.62
294	x
300	0.55

Entonces:

$$\begin{array}{ccc} -50 & \times & 0.07 \\ -6 & \times & x - 0.55 \end{array}$$

Por lo tanto, A/C = 0.558

## 9. Factor Cemento

Se obtiene de la relación agua cemento, y la cantidad de agua obtenido en el ítem 4.3.6.

Estos datos serían agua de la mezcla 216 L, y relación agua cemento 0.558.

$$\frac{206}{C} = 0.558 \rightarrow C = \frac{206}{0.558} = 387.097 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el peso del cemento será de 387.097 kg por una unidad cúbica de concreto.

#### 10. Contenido del agregado grueso

Se obtendrá de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 28. Contenido de agregado grueso**

TMN del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	<b>0.64</b>	<b>0.62</b>	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: (ACI 211.1-91, 1991)*

Se sabe de la granulometría que el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso es de 3/4" indicado en la Tabla 23, y que el módulo de finura del agregado fino según la Tabla 22 es de 2.66, por lo tanto, para obtener este dato de volumen de agregado grueso, se tendrá que interpolar.

Mf	V. A.G
2.60	0.64
2.66	X
2.80	0.62

Entonces:

$$\begin{array}{l} -0.20 \quad \diagdown \quad 0.02 \\ -0.05 \quad \diagup \quad x - 0.62 \end{array}$$

Para el cálculo del peso de agregado fino será:

$$\text{Peso del agregado grueso} = 1706.80 \times 0.625 = 1066.75 \text{ kg}$$

**Tabla 29. Volúmenes absolutos de materiales**

Descripción	Volumen
Cemento	0.123
Agua	0.216
Aire	0.02
Agregado grueso	0.384
<b>Suma de Volúmenes</b>	<b>0.743</b>

## 11. Contenido de agregado fino

Para el cálculo del volumen del agregado fino se determinará por diferencia de 1m<sup>3</sup> y de los volúmenes absolutos encontrados, es decir como se muestra a continuación.

$$\text{Volumen A.F} = 1 - 0.743 = 0.257$$

Y para el peso del agregado grueso, el valor obtenido del volumen, se multiplicará por el peso específico del agregado fino.

Entonces como sabemos por ensayo de laboratorio el peso específico del agregado fino es de 2.56g/cm<sup>3</sup>, por lo tanto.

$$\text{Peso del agregado fino} = 2.56 \times 1000 \times 0.257 = 657.92 \text{ kg}$$

## 12. Valores del diseño de mezcla

**Tabla 30. Valores de diseño de mezcla por m<sup>3</sup>**

Descripción	Peso
Cemento (kg)	387.097
Agua (l)	216
Aire (%)	2.00
Agregado fino (kg)	657.92
Agregado grueso (kg)	1066.75

## 13. Corrección de peso por humedad

### • Agregado fino

Contenido de Humedad	=	0.94%
Peso Húmedo del A.F	=	664.104 kg

### • Agregado grueso

Contenido de Humedad	=	2.63%
Peso Húmedo del A.G	=	1094.809 kg

### • Humedad Superficial de los Agregados

Humedad Superficial del A.F	=	-0.830%
Humedad Superficial del A.G	=	1.630%

### • Aporte de Humedad de los agregados

Aporte de Humedad del A. F	=	-5.461 L/m <sup>3</sup>
----------------------------	---	-------------------------

$$\text{Aporte de Humedad del A. G} = +17.388 \text{ L/m}^3$$

**14. Agua efectiva de mezcla**

El agua efectiva de la mezcla vendrá as ser dado por lo siguiente:

$$\text{Agua efectiva} = 216 - 11.927 = 204.073 \text{ L/m}^3$$

**15. Peso de materiales corregidos por Humedad**

**Tabla 31. Valores de diseño de mezcla por m<sup>3</sup>**

Descripción	Peso
Cemento (kg)	387.097
Agua (l)	204.073
Aire (%)	2.00
Agregado fino (kg)	664.104
Agregado grueso (kg)	1094.806

**16. Proporción en peso**

**Tabla 32. Dosificación en peso**

Descripción	Peso
Cemento (kg)	387.097
Agua (l)	204.073
Aire (%)	2.00
Agregado fino (kg)	664.104
Agregado grueso (kg)	1094.806

**Tabla 33. Proporcionamiento del diseño**

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua (Lt)
1	1.7	2.8	22.4

**17. Peso por tanda de 3 probetas**

**Tabla 34. Peso por tanda (03 probetas)**

Descripción	Peso
Cemento (kg)	7.74
Agua (l)	4.08
Agregado fino (kg)	13.28
Agregado grueso (kg)	21.90

## ANEXO 3: RESULTADOS DEL CONCRETO

### 1. Peso unitario del concreto

**Tabla 35. Peso Unitario del concreto (07 días)**

Ídem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso de la muestra (g)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
M - 1	7	08/07/2023	14.90	29.80	174.37	5196.13	12217.00	2351.17
M - 2	7	08/07/2023	15.00	30.10	176.72	5319.12	12262.00	2305.27
M - 3	7	08/07/2023	15.00	30.00	176.72	5301.45	12231.00	2307.10
M - 4	7	08/07/2023	14.90	30.10	174.37	5248.44	12373.00	2357.46
M - 5	7	08/07/2023	15.20	30.10	181.46	5461.91	12009.00	2198.68
M - 6	7	08/07/2023	15.20	30.20	181.46	5480.06	12253.00	2235.93
M - 7	7	08/07/2023	15.10	30.00	179.08	5372.37	12374.00	2303.27
M - 8	7	08/07/2023	14.90	29.90	174.37	5213.56	12176.00	2335.45
M - 9	7	08/07/2023	15.00	30.10	176.72	5319.12	12210.00	2295.49
M - 10	7	08/07/2023	15.10	30.00	179.08	5372.37	12246.00	2279.44

**Tabla 36. Peso Unitario del Concreto (14 días)**

Ídem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso de la muestra (g)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
M - 1	14	15/07/2023	15.00	29.90	176.72	5283.78	12695.00	2402.64
M - 2	14	15/07/2023	15.00	30.20	176.72	5336.79	12745.00	2388.14
M - 3	14	15/07/2023	14.90	30.10	174.37	5248.44	12816.00	2441.87
M - 4	14	15/07/2023	15.10	30.00	179.08	5372.37	12775.00	2377.91
M - 5	14	15/07/2023	15.10	29.80	179.08	5336.56	12835.50	2405.20
M - 6	14	15/07/2023	14.90	29.70	174.37	5178.69	12866.60	2484.53
M - 7	14	15/07/2023	14.80	30.00	172.03	5161.02	12897.70	2499.06
M - 8	14	15/07/2023	15.20	30.00	181.46	5443.76	12928.80	2374.97
M - 9	14	15/07/2023	15.00	29.80	176.72	5266.11	12959.90	2461.00
M - 10	14	15/07/2023	15.20	29.90	181.46	5425.62	12991.00	2394.38

**Tabla 37. Peso Unitario del Concreto (28 días)**

Idem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso de la muestra (g)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
M - 1	28	30/07/2023	15.00	29.90	176.72	5283.78	12228.00	2314.25
M - 2	28	30/07/2023	15.00	30.20	176.72	5336.79	12358.00	2315.62
M - 3	28	30/07/2023	14.90	30.10	174.37	5248.44	12298.00	2343.17
M - 4	28	30/07/2023	15.10	30.00	179.08	5372.37	12222.00	2274.97
M - 5	28	30/07/2023	15.10	29.80	179.08	5336.56	12173.00	2281.06
M - 6	28	30/07/2023	14.90	29.70	174.37	5178.69	12200.00	2355.81
M - 7	28	30/07/2023	14.80	30.00	172.03	5161.02	12266.00	2376.66
M - 8	28	30/07/2023	15.20	30.00	181.46	5443.76	12226.00	2245.87
M - 9	28	30/07/2023	15.00	29.80	176.72	5266.11	12041.00	2286.51
M - 10	28	30/07/2023	15.20	29.90	181.46	5425.62	12591.00	2320.66

**Tabla 38. Resumen del cálculo de Peso Unitario**

<b>Descripción</b>	<b>Promedio Kg/m3</b>	<b>Promedio final Kg/m3</b>
A los 7 días	2296.93	
A los 14 días	2422.97	2343.79
A los 28 días	2311.46	

## ANEXO 4: RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO

### 1. Resistencia a compresión del concreto

**Tabla 39. Resistencia a la compresión (07 días)**

Ídem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	% de la resistencia mínima	Tipo de Falla
M - 1	7	08/07/2023	14.90	9.80	174.37	37113.58	210	212.85	101.36%	
M - 2	7	08/07/2023	15.00	30.10	176.72	36399.78	210	205.98	98.09%	
M - 3	7	08/07/2023	15.00	30.00	176.72	36674.09	210	207.53	98.82%	
M - 4	7	08/07/2023	14.90	30.10	174.37	38759.41	210	222.29	105.85%	
M - 5	7	08/07/2023	15.20	30.10	181.46	37384.83	210	206.02	98.11%	
M - 6	7	08/07/2023	15.20	30.20	181.46	37300.19	210	205.56	97.88%	
M - 7	7	08/07/2023	15.10	30.00	179.08	38968.45	210	217.60	103.62%	
M - 8	7	08/07/2023	14.90	29.90	174.37	33971.84	210	194.83	92.78%	
M - 9	7	08/07/2023	15.00	30.10	176.72	35589.11	210	201.39	95.90%	
M - 10	7	08/07/2023	15.10	30.00	179.08	40235.95	210	224.68	106.99%	
<b>Promedio de la resistencia a compresión del concreto (07 días) kg/cm<sup>2</sup></b>									<b>209.87</b>	
<b>Promedio de la resistencia mínima requerida (07 días) %</b>									<b>94.94</b>	

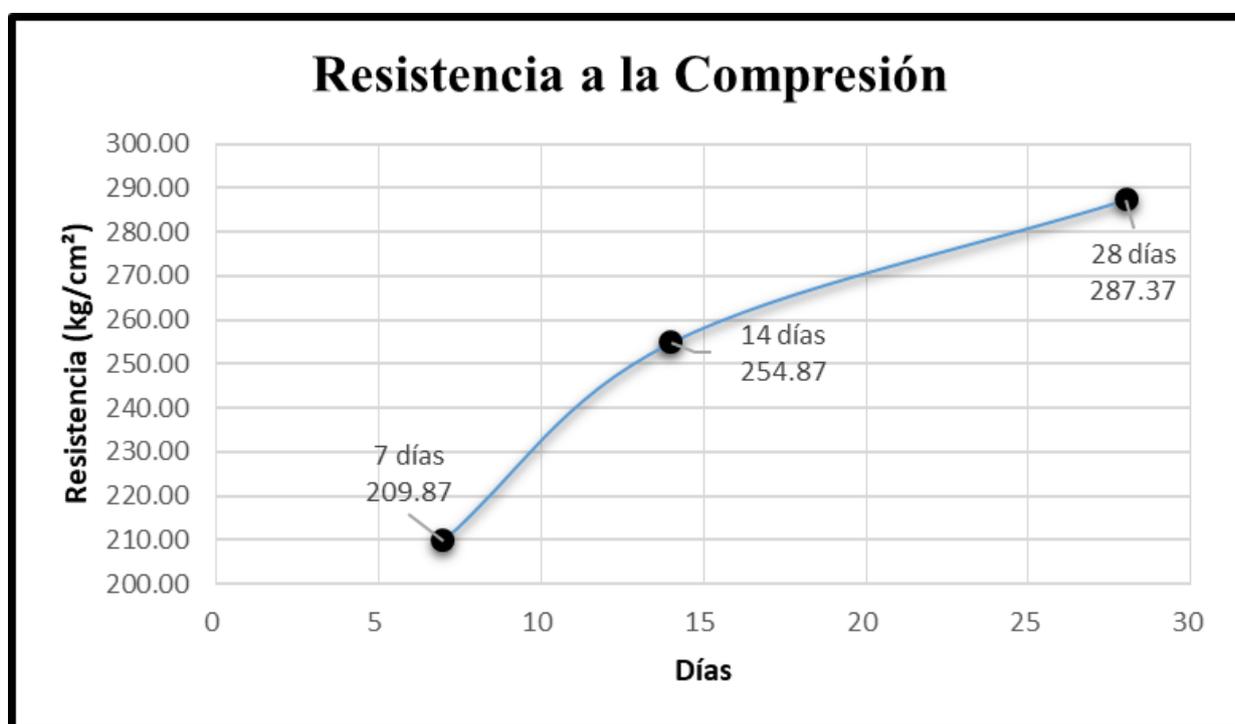
**Tabla 40. Resistencia a la compresión (14 días)**

Ídem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	% de la resistencia mínima	Tipo de Falla
M - 1	14	15/07/2023	15.00	29.90	176.72	42845.41	210	242.45	115.45%	3
M - 2	14	15/07/2023	15.00	30.20	176.72	45910.67	210	259.80	123.71%	1
M - 3	14	15/07/2023	14.90	30.10	174.37	42496.66	210	243.72	116.06%	1
M - 4	14	15/07/2023	15.10	30.00	179.08	48454.87	210	270.58	128.85%	2
M - 5	14	15/07/2023	15.10	29.80	179.08	47808.37	210	266.97	127.13%	1
M - 6	14	15/07/2023	14.90	29.70	174.37	44815.09	210	257.02	122.39%	3
M - 7	14	15/07/2023	14.80	30.00	172.03	45296.80	210	263.30	125.38%	3
M - 8	14	15/07/2023	15.20	30.00	181.46	43461.32	210	239.51	114.05%	4
M - 9	14	15/07/2023	15.00	29.80	176.72	47234.27	210	267.29	127.28%	1
M - 10	14	15/07/2023	15.20	29.90	181.46	43199.25	210	238.07	113.36%	3
<b>Promedio de la resistencia a compresión del concreto (14 días) kg/cm<sup>2</sup></b>									<b>254.87</b>	
<b>Promedio de la resistencia mínima requerida (14 días) %</b>									<b>121.37</b>	

**Tabla 41. Resistencia a la compresión (28 días)**

Ídem	Días de curado	Fecha de rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (kg)	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	% de la resistencia mínima	Tipo de Falla
M - 1	28	30/07/2023	15.00	29.90	176.72	50599.33	210	286.33	136.35%	2
M - 2	28	30/07/2023	15.00	30.20	176.72	48951.47	210	277.01	131.91%	5
M - 3	28	30/07/2023	14.90	30.10	174.37	49885.53	210	286.10	136.24%	4
M - 4	28	30/07/2023	15.10	30.00	179.08	51177.51	210	285.78	136.09%	2
M - 5	28	30/07/2023	15.10	29.80	179.08	53380.09	210	298.08	141.94%	2
M - 6	28	30/07/2023	14.90	29.70	174.37	54777.10	210	314.15	149.59%	1
M - 7	28	30/07/2023	14.80	30.00	172.03	51683.29	210	300.42	143.06%	2
M - 8	28	30/07/2023	15.20	30.00	181.46	49077.91	210	270.46	128.79%	1
M - 9	28	30/07/2023	15.00	29.80	176.72	52104.43	210	294.85	140.40%	4
M - 10	28	30/07/2023	15.20	29.90	181.46	47278.11	210	260.54	124.07%	3
<b>Promedio de la resistencia a compresión del concreto (28 días) kg/cm<sup>2</sup></b>									<b>287.37</b>	
<b>Promedio de la resistencia mínima requerida (28 días) %</b>									<b>136.84</b>	

**Figura 8. Ensayo de Resistencia a compresión**



## ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO



### CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”

#### DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.



#### USOS

- Cemento de uso general.

#### ATRIBUTOS

**Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

#### RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



\*Requisito opcional.

**Resistencia a la compresión (psi)**

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



# Cemento Tipo I Estructural

## Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

### REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO <sub>3</sub>	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

### REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

\*Valores promedios referenciales de lotes despachados / \*\*Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

**Pacasmayo**

## ANEXO 6: CERTIFICADOS DEL LABORATORIO



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Firmado digitalmente por  
CHRISTÓBAL SALAZAR Diego José Pérez  
IP: 207.238.95.233 Fecha: 2022.01.20 10:00:02

# Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00136209

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 002091-2022/DSD - INDECOPI de fecha 21 de enero de 2022, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CORONADO INGENIERÍA & GEOTÉCNIA y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Distingue	:	Servicios de realización de informes técnicos en lo referente a: investigación de suelos, construcción de trochas carrozables, puentes, carreteras, y fabricación de mezclas de concreto usadas en las obras de ingeniería tales como: contenido de humedad, porcentaje de sales, --Continúa en la siguiente página--
Clase	:	42 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0924573-2021
Titular	:	QUINTOS INGENIERIA & CONSTRUCCION E.I.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	21 de enero de 2032
Tomo	:	0682
Folio	:	023



Pág. 1 de 2



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 028-2018-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web:

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: 1qxvai42gw

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL  
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú, Telf: 224-7800, Web: [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Distingue

:

análisis granulométrico, perfil estratigráfico, clasificación, corte directo (resistencia del suelo), consolidación (asentamientos), expansión, permeabilidad, límite líquido y plástico; informes técnicos para las obras de construcción civil, C.B.R., análisis y clasificación de canteras, proctor estándar y modificado, grado de absorción, peso específico, módulo de fineza, tamaño máximo, peso volumétrico suelto y compactado, diseño de mezclas, resistencia a la compresión de la mezcla y piedra, abrasión e intemperismo

--Fin del documento--



## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° PDLs - 1020 - 2023

**Expediente** : TLPS-00150523-100047

Fecha de emisión : 30/06/2023

**1.Solicitante** : QUINTOS INGENIERIA Y CONSTRUCCION EIRL

**RUC** : 20607615722

**2.Descripción del equipo** : MÁQUINA DE COMPRESIÓN CON CONTROL DE VELOCIDAD

Marca de prensa : P y S EQUIPOS

Modelo de prensa : SYE-2000

Número de serie : 210707-6

Capacidad de la prensa : 2000 kN

### 3. Lugar y fecha de calibración

Lugar de calibración : Jr. Ramon Castilla 1041 - CUTERVO

Fecha de calibración : 28/06/2023

### 4. Método de calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

### 5. Tranzabilidad

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	TERRASERVICE	INF-LE 068-23A	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	TERRASERVICE		

☎ 01 323 9468

📞 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

📍 JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

*Gezo Renate Rodríguez Bazalar*  
Auxiliar de Metrología

*Ing. B. DIANA S. MONTEGRO CARIHUAS*  
Jefe de Metrología





**6. Condiciones Ambientales**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura °C	19.5	19.5
Humedad %	58%	58%

**7. Resultados de la Medición**

**TABLA 1**

SISTEMA DIGITAL "A" kN		SERIES VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
		SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
0	0	0	0	-	-	-	-	
200.0	200.0	201.3	201.9	-0.6	-0.9	201.6	-0.8	
400.0	400.0	401.9	403.4	-0.5	-0.8	402.7	-0.7	
600.0	600.0	600.9	601.1	-0.1	-0.2	601.0	-0.2	
800.0	800.0	801.7	801.6	-0.2	-0.2	801.7	-0.2	
1000.0	1000.0	1001.3	1000.9	-0.1	-0.1	1001.1	-0.1	
1200.0	1200.0	1201.9	1201.7	-0.2	-0.1	1201.8	-0.1	
1400.0	1400.0	1402.5	1401.9	-0.2	-0.1	1402.2	-0.2	
1600.0	1600.0	1602.1	1601.9	-0.1	-0.1	1602.0	-0.1	

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = \text{Error (2)} - \text{Error (1)}$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

4.- Ecuación de ajuste:  $y = 0.9993x - 1.007$

Donde: Y: Lectura de Pantalla

X: Fuerza promedio (kN)

01 323 9468

938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

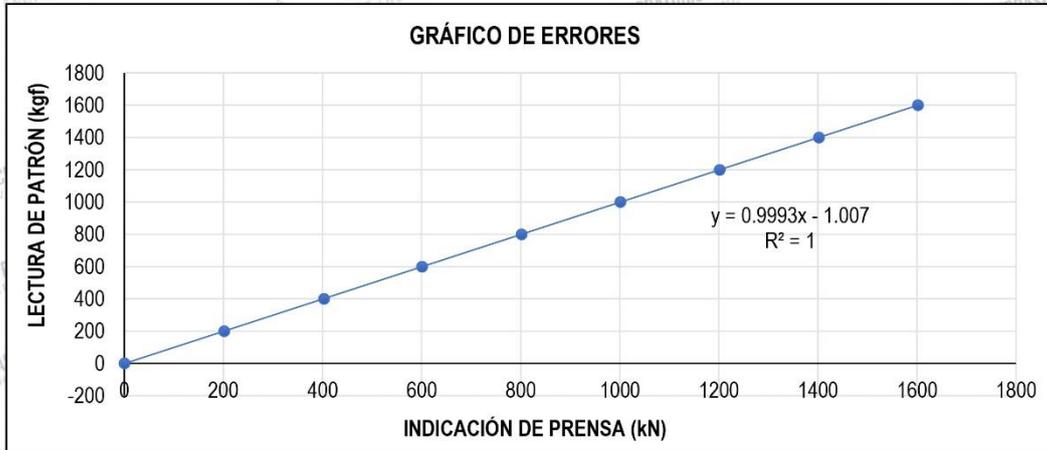
*Gerzo Renato Rodríguez Bazalar*  
Auxiliar de Metrología

*Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS*  
Jefe de Metrología

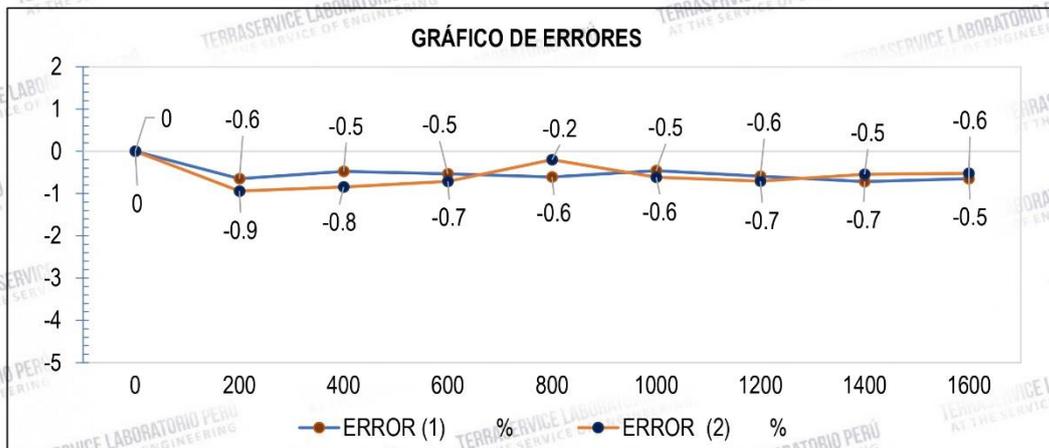


**8. Gráficos de los datos de la medición**

**GRÁFICO N°1**



**GRÁFICO N° 2**



**9. Observaciones**

Los datos tomados demuestran que la prensa tiene errores mínimos comparados con los valores de nuestro patrón, por ello, en este certificado hemos indicado la ecuación con la que el responsable de la máquina debe trabajar.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de Certificación y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.

01 323 9468  
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207  
J.R. Andahuaylas N°477  
San Martín de Porres - Lima  
RUC: 20603356781  
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL  
*Gerzo Renate Rodríguez Bazalar*  
Auxiliar de Metrología  
TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL  
*Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS*  
Jefe de Metrología



## ANEXO 7: PANEL FOTOGRAFICO



*Fotografía 1. Cantera en estudio, a lo largo del río Chotano, bajo el Puente Cutervo.*



*Fotografía 2. Cemento portland tipo I, usado en el diseño de mezcla.*



*Fotografía 3. Peso del agregado fino antes de ser mezclado.*



*Fotografía 3. Peso del agregado fino antes de ser mezclado.*



*Fotografía 5. Cantidad de agua de acuerdo a diseño antes de ser mezclado.*



*Fotografía 6. Materiales para la mezcla de concreto.*



*Fotografía 7. Mezclando materiales en el trompo.*



*Fotografía 8. Prueba de asentamiento del concreto.*



*Fotografía 9. Medida del asentamiento de la mezcla ensayada.*



*Fotografía 10. Preparando la muestra en los moldes cilíndricos para ensayar a compresión.*



Fotografía 11. Rotulado de probetas de concreto.



Fotografía 12. Curado de probetas de concreto.



Fotografía 13. Muestra de concreto ensayadas a compresión (7 días)



Fotografía 14. Muestra de concreto ensayadas a compresión (14 días)



Fotografía 14. Muestra de concreto ensayadas a compresión (28 días)