

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión del concreto utilizando agua de  
Río Negro, clarificada con mucílago de tuna (opuntia ficus),  
Olleros – Huaraz.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

**AUTOR:**

**Julio César Del Castillo Solano**

**ASESOR:**

Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín  
Código ORCID: 0000-0002-6961-7418

**CHIMBOTE – PERÚ**

2021

**PALABRAS CLAVE:**

Tema:	Resistencia a la compresión, Diseño de mezcla de concreto
Especialidad:	Tecnología de Concreto

**KEYWORDS:**

Topic:	Compressive Strength, Concrete Mix Design.
Specialty:	Concrete Technology

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Programa:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación:	Construcción y Gestión de la Construcción
OCDE	Ingeniería y Tecnología Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
Disciplina o campo de investigación	Material de la Construcción Tecnología de la Construcción y procesos constructivos

**TITULO:**

**“Resistencia a la compresión del concreto utilizando agua de Río Negro, clarificada con mucílago de tuna (opuntia ficus), Olleros – Huaraz”.**

## RESUMEN

La presente tesis de investigación tiene por objetivo mejorar la resistencia del concreto utilizando mucilago de tuna en Agua del Rio Negro en comparación a un concreto convencional que cumpla las mejores especificaciones técnicas ASTM.

La metodología del presente proyecto de investigación consiste primero en comparar y seleccionar la mejor cantera de la provincia del santa para agregados, para luego hacer un diseño de mezcla de concreto utilizando cemento Portland Tipo I (típico) tratando de aumentar la resistencia a la compresión, para el objetivo se realizara una serie de ensayos como el de la resistencia a la compresión, ensayo de peso unitario compactado, ensayo de asentamiento, ensayo de contenido de aire; cuyos resultados serán procesados, analizados e interpretados según corresponda.

Se obtuvieron resultados positivos respecto a resistencia a la compresión para un concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con una dosificación de 1/2.65/3.77/28.84, y una relación agua/cemento de 0.684, aplicando el agua del Rio Negro clarificada con Mucilago de Tuna, los cuales superaron la resistencia requerida a los 28 días de curado con un  $f'c = 259.44 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje de 123.54 %, esto se debe a que el Mucilago de Tuna actúa como un polímero natural el cual permite que el agua extraída del Rio Negro modificando su pH de ácido a alcalino, asimismo permite que los componentes que conforman esta mezcla se adhieran creando así una mezcla uniforme.

Con esta investigación se pudo corroborar que clarificar el agua del Rio Negro con Mucilago de Tuna, mejora la resistencia del concreto y al aplicarlo en el campo, significaría que las personas que sufren el daño de sus viviendas puedan gozar de un material que les disminuya el gasto por reparación y así tengan una mejor calidad de vida.

## **ABSTRACT**

The objective of this research thesis is to improve the strength of concrete using prickly pear mucilage in Agua del Rio Negro compared to conventional concrete that meets the best ASTM technical specifications.

The methodology of this research project consists first in comparing and selecting the best quarry in the province of Santa for aggregates, and then making a concrete mix design using Portland cement Type I (typical) trying to increase the resistance to compression, For this purpose, a series of tests such as the resistance to compression, compacted unit weight test, settlement test, air content test will be carried out; whose results will be processed, analyzed and interpreted as appropriate.

Positive results regarding compressive strength were obtained for a concrete of  $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$  with a dosage of 1 / 2.65 / 3.77 / 28.84, and a water / cement ratio of 0.684, applying clarified Rio Negro water with Mucilago de Tuna, which exceeded the required resistance at 28 days of curing with an  $f'c = 259.44 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  representing a percentage of 123.54%, this is because the Mucilago de Tuna acts as a natural polymer which allows that the water extracted from the Rio Negro, changing its pH from acid to alkaline, also allows the components that make up this mixture to adhere, thus creating a uniform mixture.

With this research, it was possible to corroborate that clarifying the water of the Rio Negro with Mucilago de Tuna, improves the resistance of concrete and when applied in the field, it would mean that people who suffer damage to their homes can enjoy a material that reduces their expense for repair and thus have a better quality of life.

## INDICE

Tema	Página Nº
Palabras clave: en español e inglés – Línea de investigación	i
Título de la investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	ix
Introducción	1
Metodología	29
Resultados	35
Análisis y discusión	59
Conclusiones	61
Recomendaciones	62
Referencias bibliográficas	63
Anexos y apéndice	64

## Índice De Tablas

Tema	Página N°
Tabla N° 01: <i>Tabla de límites máximos permisibles de concentración de sustancia en el agua</i>	15
Tabla N° 02: <i>Variable Dependiente.</i>	26
Tabla N° 03: <i>Variable Independiente.</i>	27
Tabla N° 04: <i>Técnicas e Instrumentos de Investigación.</i>	31
Tabla N° 05: <i>Ensayo de contenido de humedad de agregado fino.</i>	37
Tabla N° 06: <i>Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso.</i>	37
Tabla N° 07: <i>Ensayo de análisis granulométrico de arena.</i>	38
Tabla N° 08: <i>Ensayo de análisis granulométrico de grava.</i>	39
Tabla N° 09: <i>Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso.</i>	40
Tabla N° 10: <i>Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino.</i>	41
Tabla N° 11: <i>Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.</i>	41
Tabla N° 12: <i>Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.</i>	42
Tabla N° 13: <i>Datos obtenidos de los ensayos de laboratorio de los agregados fino y grueso.</i>	42
Tabla N° 14: <i>Contenido de aire atrapado.</i>	44
Tabla N° 15: <i>Volumen unitario de agua.</i>	44
Tabla N° 16: <i>Relación agua cemento por resistencia.</i>	45
Tabla N° 17: <i>Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.</i>	46
Tabla N° 18: <i>Volúmenes Absolutos de Agregados.</i>	47
Tabla N° 19: <i>Peso secos de Agregados.</i>	48

<i>Tabla N° 20: Peso Corregidos por Humedad de Agregados</i>	49
<i>Tabla N° 21: Proporciones en Peso de Agregados</i>	50
<i>Tabla N° 22: Proporciones en Volumen</i>	50
<i>Tabla N° 23: Cantidad Unitaria de material en Laboratorio.</i>	51
<i>Tabla N° 24: Cantidad Total de Material en Laboratorio.</i>	51
<i>Tabla N° 25: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 7 días de curado.</i>	52
<i>Tabla N° 26: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 7 días de curado.</i>	52
<i>Tabla N° 27: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 7 días de curado.</i>	52
<i>Tabla N° 28: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 14 días de curado.</i>	54
<i>Tabla N° 29: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 14 días de curado.</i>	54
<i>Tabla N° 30: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 14 días de curado.</i>	54
<i>Tabla N° 31: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 28 días de curado.</i>	56
<i>Tabla N° 32: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 28 días de curado.</i>	56

<i>Tabla N° 33: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 14 días de curado.</i>	56
<i>Tabla N° 34: Resumen de los Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto.</i>	57

## Índice de Figuras

Tema	Página N°
Figura N° 01: <i>Diseño en bloque, cantidad de probetas según días de curado.</i>	30
Figura N° 02: <i>Ubicación de toma de la muestra (Rio Negro – Olleros).</i>	32
Figura N° 03: <i>Informe de Ensayo de Agua del Río Negro Olleros.</i>	35
Figura N° 04: <i>Informe de Ensayo de Agua del Río Negro Olleros clarificada con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.</i>	36
Figura N° 05: <i>Curva granulométrica del agregado fino.</i>	39
Figura N° 06: <i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	40
Figura N° 07: <i>Molde Cilíndrico de Concreto.</i>	50
Figura N° 08: <i>Resistencia a la compresión (7 días).</i>	53
Figura N° 09: <i>Resistencia a la compresión (14 días).</i>	55
Figura N° 10: <i>Resistencia a la compresión (28 días).</i>	57
Figura N° 11: <i>Curva de la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto.</i>	58

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1. Antecedentes y Fundamentación Científica**

### **A Nivel Internacional**

**Abad, O. & Tous, J. (2013);** desarrollo la investigación titulada: “Efecto en la Disminución de la Resistencia del Concreto preparado con diferentes marcas de cemento y agua del Río Magdalena”, publicada por la Universidad Católica de Colombia, Colombia, la cual se basó en actualizar los datos obtenidos en otras tesis sobre las propiedades físico-químicas del agua del Río Magdalena, Caracterizar las propiedades físicas de los cementos Portland tipo I, Ampliarla caracterización de las propiedades físicas de los concretos con resistencias de 3000 y 4000 psi basados en la normal CONTECNTC-673, siendo dicha investigación de tipo aplicada, de diseño de investigación experimental, llegando a las siguiente conclusión: El agua del rio magdalena, extraída en el municipio de calamar no es óptima para su utilización en la mezcla de concreto y obteniendo como resultado concretos de mayor resistencias a los 28 días de 84.01% para un concreto de 3000 psi y 78.81% para un concreto de 4000 psi, estos ensayos realizados a las 3 marcas de cemento, dieron como resultados que las muestras cumplen con las condiciones físicas necesarias solicitadas por la norma (NTC226, 221, 110 y C118) para su utilización en la mezcla de concreto.

### **A Nivel Nacional**

**Díaz, B. & Ríos, N. (2014);** desarrollo la investigación titulada: “Influencia del agua potable, rio y mar en la Resistencia a Compresión de un concreto convencional no estructurado, para la construcción de aceras en la ciudad de Trujillo”, la cual se basó en analizar la influencia del uso de agua potable, río y de mar, en la resistencia del concreto para estructuras sin esfuerzos en edificaciones, siendo dicha investigación de tipo aplicada, de diseño de investigación experimental, llegando a la siguiente conclusión: El esfuerzo de compresión resultante de cada tipo de agua, superó el valor propuesto en el diseño de mezcla. El concreto a base de agua de río resulto a 7 días, con resistencia mayor que los testigos hechos con agua potable, pero a 14 días, los

testigos a base de agua potable los superaron, el uso de agua potable mantendrá la resistencia a compresión de los testigos de concreto convencional no estructurado según lo especificado en el diseño de mezcla y el uso de agua de río genera disminución en menor grado respecto al agua de mar en la resistencia a compresión de los testigos de concreto convencional no estructurado a lo especificado en el diseño de mezcla.

**Ramos, J. (2017);** desarrollo la investigación titulada: “Influencia en las Propiedades Mecánicas de un Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017”, publicada por la Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote, la cual tuvo como objetivo: “Determinar la influencia en las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con la adición de mucilago de tuna” (p. 30), siendo dicha investigación de tipo aplicada, de diseño de investigación experimental, llegando a las siguientes conclusiones: “La adición del mucilago de tuna a un concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mejora la resistencia a la compresión. El caso de la adición del 1% de mucilago incrementa la resistencia a la compresión en un +4.31%, si adicionamos el 1.5% mucilago de tuna aumenta la resistencia la compresión en un +18.05% y si adicionamos el 2% del mucilago de tuna incrementa la resistencia a la compresión en un +25.46%”. (p. 84)

**Bulnes, C. (2018);** desarrollo la investigación titulada: “Resistencia y permeabilidad de un concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  con adición de mucilago de tuna (Opuntia Ficus-Indica)”, publicada por la Universidad San Pedro, Chimbote. La cual tuvo como objetivo: “Determinar la resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal” (p. 34), siendo dicha investigación de tipo aplicada, de diseño de investigación experimental, llegando a las siguientes conclusiones: “La resistencia a la compresión a los 28 días de los morteros experimentales se ha visto reducida con respecto al mortero patrón, siendo éstas disminuciones expresadas en porcentajes en 11.01% para el experimental con 10% de adición, y 5.60% para el experimental con 20% de adición, debido a los efectos que producen el pH y los elementos químicos determinados en el mucílago de nopal”.

## **Fundamentación Científica**

### **El Concreto**

Se denomina concreto a la mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento.

La cantidad de cada material en la mezcla depende de la resistencia que se indique en los planos de estructuras. Siempre la resistencia de las columnas y de los techos debe ser superior a la resistencia de cimientos y falsos pisos.

Después del vaciado, es necesario garantizar que el cemento reaccione químicamente y desarrolle su resistencia. Esto sucede principalmente durante los 7 primeros días, por lo cual es muy importante mantenerlo húmedo en ese tiempo. A este proceso se le conoce como curado del concreto.

El concreto tiene dos etapas básicas: cuando está fresco y cuando ya se ha endurecido. Las propiedades principales del concreto en estado fresco son:

#### **Relación Agua-Cemento:**

La relación agua-cemento (A/C) es el factor más importante en la resistencia del concreto. Una determinada relación agua-cemento produce distintas resistencias de acuerdo al tipo de agregado utilizado y al tipo de cemento.

#### **Influencia de los Agregados:**

La calidad de los agregados es un factor determinante de la resistencia del concreto, las propiedades de los agregados que más influyen en la mezcla son:

- Tamaño máximo del agregado grueso Granulometría, materiales bien gradados, producen una mayor densidad.
- La forma y la textura de los agregados que especialmente inciden en la resistencia a la flexión.
- La resistencia y la rigidez de las partículas del agregado.

#### **Medida de Resistencia a la Compresión:**

Como ya se dijo la resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante del concreto; se expresa en términos de esfuerzo en Kg/cm<sup>2</sup>; en Lb/pul<sup>2</sup> (psi).

$$1 \text{ psi} = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$$

Para medir la resistencia a la compresión se elaboran cilindros de testigos de las mezclas que se están usando en la estructura; los cilindros son generalmente de 30 cm de altura por 15 cm de diámetro.

Para cargar los cilindros se procede depositando la mezcla en tres capas y en cada capa se dan 25 golpes con una varilla estándar. La norma ICONTEC n° 550 indica el procedimiento a seguir en la toma y elaboración de cilindros testigos. La norma ICONTEC n° 673 especifica la forma de someterlos a la compresión.

### **El Agua:**

El agua está en todas partes: en el aire, en la tierra y dentro de ella, y es parte importante de toda materia viva.

Está presente en todos los seres vivos, así como en todos los alimentos, excepto en el aceite.

El agua, líquido incoloro, inodoro e insípido, es una sustancia inorgánica que está compuesta por dos moléculas de oxígeno y una molécula de hidrógeno.

Está comprobado científicamente, que solo podemos encontrar agua con esta composición en el laboratorio. En la naturaleza está constituida, además, por diversas sales minerales, que le aportan las diversas características organolépticas y terapéuticas que posee cada tipo de agua.

### **Propiedades del Agua:**

A partir de la estructura molecular que forma el compuesto químico agua, se derivan sus propiedades físicas y químicas.

Éstas son:

- 1. Posee una acción disolvente:** Se trata del líquido que más sustancias disuelve, por lo que se la conoce como el disolvente universal. Esta propiedad tiene gran importancia porque es el medio por el que transcurren la mayoría de las reacciones metabólicas, así como el aporte de nutrientes y la eliminación de desechos, que se realiza por medio del sistema de transporte acuoso.
- 2. Fuerte cohesión entre sus moléculas:** Esta propiedad se debe al hecho de que existe una unión muy fuerte entre los puentes de hidrogeno y como tal lo convierte en un líquido casi incompresible.
- 3. Gran calor específico:** Es debido a que los puentes de hidrogeno absorben gran cantidad de calor. Cuando se produce un cambio de temperatura dentro del citoplasma, el agua permite que este cambio no sea tan brusco. Es decir, ayuda a mantener la temperatura corporal.
- 4. Alta temperatura de vaporización:** el agua no consigue su punto de ebullición hasta los 100°C y en ese momento pasa a ser vapor de agua, cambiando de estado.
- 5. Alta constante dieléctrica:** esta propiedad se desprende del hecho de que es un gran disolvente de compuestos iónicos como las sales minerales y de componentes covalentes polares como los glúcidos.
- 6. Bajo grado de ionización:** debido a la composición química de sus moléculas.

#### **Agua de Mezclado:**

El agua de mezclado, está compuesta por el agua agregada al elaborar un pastón más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, siendo sus principales funciones:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación.
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla fresca.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

La cantidad de agua necesaria para una adecuada trabajabilidad del hormigón, siempre es mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento (22-25 %).

Es muy importante el aspecto cuantitativo del agua de mezclado, pero en este capítulo solo se tratará el aspecto cualitativo: la calidad y cantidad de impurezas aceptables para la elaboración del hormigón.

Una regla simple concerniente a la aceptabilidad del agua de mezclado, es que sea potable. En otras palabras, si el agua no tiene algún gusto, olor o color particular, y no es gaseosa o espumosa cuando se agita, no hay razón para asumir que podrá dañar al hormigón cuando se use como agua de mezclado. Por otra parte, muchas aguas inaceptables para beber, son satisfactorias para fabricar hormigones y permiten alcanzar la resistencia a compresión exigida en el proyecto a menos que estén fuertemente impurificadas e influyan desfavorablemente en el proceso de endurecimiento y fraguado.

Las aguas que pueden considerarse perjudiciales, son aquellas que contienen excesivas cantidades de azúcar, ácidos, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, efluentes de cloacas, sólidos suspendidos y gases. Algunas de estas impurezas son naturales, otras están en el agua de mar o aguas provenientes de actividades industriales. En general, no debe contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el hormigón o sobre las armaduras. A continuación, se resumen los efectos de ciertas impurezas del agua de mezclado sobre la calidad del hormigón:

#### **Carbonato Alcalino y Bicarbonato:**

Los carbonatos y los bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos sobre el tiempo de fraguado de diferentes cementos. El carbonato de sodio puede causar fraguado rápido, el bicarbonato puede tanto acelerar como retardar el fraguado. Estas sales, cuando se encuentran en grandes concentraciones, pueden reducir la resistencia del hormigón. Cuando la suma de las sales disueltas excede 1000 ppm, se hacen necesarios ensayos para el estudio de su influencia sobre la resistencia y el tiempo de fraguado. También se debe considerar la posibilidad de la ocurrencia de reacciones álcali-agregado.

#### **Cloruros:**

El efecto adverso de los iones cloruro sobre la corrosión de la armadura (refuerzo) es la principal razón de preocupación a respecto del contenido de cloruros en el agua usada para la preparación del hormigón. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora que se forma sobre el acero resultante de la alta alcalinidad (pH mayor que 12.5) presente en el hormigón. El nivel de iones cloruros solubles en ácido, en el cual la corrosión empieza en el hormigón, es aproximadamente del 0.2 a 0.4 % en peso de cemento (0.15 % al 0.3 % soluble en agua).

#### **Sulfatos:**

La preocupación respecto del alto contenido de sulfatos en el agua usada para la preparación del hormigón se debe a las reacciones expansivas potenciales y al deterioro por el ataque de sulfatos, principalmente en áreas donde el hormigón será expuesto a suelos o aguas con alto contenido de sulfatos.

#### **Sales de Hierro:**

Las aguas subterráneas naturales raramente contienen más de 20 a 30 ppm de hierro, sin embargo, las aguas ácidas de mina pueden contener grandes cantidades de hierro. Las sales de hierro en concentraciones de hasta 40,000 ppm normalmente no afectan la resistencia del hormigón, pero si su aspecto estético.

#### **Diversas Sales Inorgánicas:**

Las sales de manganeso, estaño, cinc, cobre y plomo en el agua de mezclado pueden causar una significativa reducción de la resistencia y grandes variaciones del tiempo de fraguado. De éstas, las sales de cinc, cobre y plomo son las más activas. Las sales yodato de sodio, fosfato de sodio, arseniato de sodio y borato de sodio son especialmente activas como retardadores. Todas ellas pueden retardar muchísimo tanto el tiempo de fraguado como también el desarrollo de la resistencia, siempre que estén en bajas concentraciones respecto del contenido de cemento. El sulfuro de sodio es otra sal que puede ser perjudicial al hormigón.

#### **Impurezas Orgánicas:**

El efecto de sustancias orgánicas sobre el tiempo de fraguado del cemento portland y sobre la resistencia última del hormigón es un problema muy complejo. Tales sustancias se pueden encontrar en aguas naturales. Las aguas muy coloridas, con un olor apreciable o con algas verdes o marrones visibles se deben considerar sospechosas y, por lo tanto, hay que analizarlas. Las algas también pueden estar presentes en los agregados, reduciendo la adherencia entre el agregado y la pasta. Se recomienda 1000 ppm como contenido máximo de algas.

#### **Azúcar:**

Una pequeña cantidad de sacarosa, del 0.03 a 0.15 % en peso de cemento, normalmente es suficiente para retardar el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía de acuerdo con los diferentes cementos. La resistencia a los 7 días se puede reducir mientras que la resistencia a los 28 días se puede aumentar. El azúcar en cantidades iguales o superiores a 0.25 % en peso de cemento puede causar fraguado rápido y gran reducción de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar influye en el tiempo de fraguado y en la resistencia de manera diferente. El azúcar en el agua de mezcla en concentraciones inferiores a 500 ppm, normalmente no presenta efecto nocivo sobre la resistencia, pero si la concentración supera este valor, se deben hacer ensayos de tiempo de fraguado y resistencia.

#### **Sedimentos o Partículas en Suspensión:**

Se pueden tolerar aproximadamente 5000 ppm de arcilla en suspensión o partículas finas de rocas en el agua de mezclado. Cantidades más elevadas, posiblemente, no afecten la resistencia, pero pueden influenciar otras propiedades de algunos hormigones tales como la contracción por secado, tiempos de fraguado, durabilidad o aparición de eflorescencia. Antes de utilizarse un agua embarrada o lodosa, se la debe pasar a través de estanques de sedimentación o se la debe clarificar por cualquier otro medio para la disminución de la cantidad de sedimentos o arcillas introducidos en la mezcla a través del agua de mezcla. Estos sedimentos podrían tolerarse en cantidades

superiores cuando los finos del cemento se retornan al hormigón por el uso de agua de lavado reciclada.

### **Aceites:**

Muchos tipos de aceites están ocasionalmente presentes en el agua. El aceite mineral (petróleo) sin mezcla de aceites vegetales o animales tiene, probablemente, menos efecto sobre el desarrollo de la resistencia que otros aceites. Sin embargo, el aceite mineral en concentraciones superiores al 2.5% en peso de cemento puede reducir la resistencia en más del 20 %.

### **Agua del Mar:**

El agua del mar, con una concentración de sales disueltas de hasta 35,000 ppm, normalmente es adecuada para el uso como agua de mezclado del hormigón que no contenga armaduras de acero. Aproximadamente 78% de la sal es cloruro de sodio y 15 % es cloruro y sulfato de magnesio. Aunque la resistencia temprana del hormigón preparado con agua de mar pueda ser más elevada que la resistencia del hormigón normal, la resistencia a edades mayores (después de 28 días) puede resultar menor. Esta reducción de la resistencia se puede compensar con la reducción de la relación agua/cemento. El agua de mar no es apropiada para la preparación de hormigón reforzado con acero y no se debe usar en hormigón pretensado, debido al riesgo de corrosión de la armadura, principalmente en ambientes cálidos y húmedos. El sodio y el potasio de las sales presentes en el agua de mar, usada en la preparación del hormigón, pueden agravar la reactividad álcali-agregado. Por lo tanto, no se debe usar agua de mar en la mezcla del hormigón donde estén presentes agregados potencialmente reactivos. El agua de mar empleada en el hormigón también tiende a causar eflorescencias y manchas en la superficie del hormigón expuesta al aire y al agua.

### **Aguas Ácidas:**

La aceptación de aguas ácidas en la mezcla del hormigón se debe basar en la concentración de los ácidos en el agua. Ocasionalmente, la aceptación se basa en el pH, que es una medida de la concentración de los iones hidrógenos en una escala

logarítmica. El valor de pH es un índice de intensidad y no es la mejor medida de la reactividad potencial de un ácido o de una base. El pH del agua neutra es 7.0; valores inferiores a 7.0 indican acidez y valores superiores a 7.0 indican alcalinidad. Normalmente el agua de mezclado que contiene ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones de hasta 10000 ppm no tiene efecto perjudicial sobre la resistencia. Las aguas ácidas con pH menor que 3.0 pueden crear problemas de manejo y, si posible, se deben evitar. Los ácidos orgánicos, tal como el ácido tánico, en altas concentraciones pueden tener un fuerte efecto sobre la resistencia.

#### **Aguas Alcalinas:**

Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio superiores al 0.5 % en peso de cemento pueden reducir la resistencia del hormigón. El hidróxido de calcio en concentraciones de hasta 1.2% en peso de cemento tiene poco efecto sobre la resistencia del hormigón con algunos tipos de cemento, pero esto debe ser evaluado en cada caso. Se debe considerar la posibilidad del aumento de la reactividad alcalino agregado.

#### **Aguas de Desechos Industriales:**

La mayoría de las aguas que cargan desechos industriales tienen menos de 4000 ppm de sólidos totales. Cuando se usa esta agua para preparar el hormigón, la reducción de la resistencia a compresión no supera el 10 a 15 %.

Las aguas de desechos industriales tales como curtiembres, fábricas de pintura, plantas de coque, plantas químicas y de galvanización pueden contener impurezas peligrosas. Lo mejor es verificar cualquier agua de desecho que contenga unos pocos cientos de partes por millón de sólidos poco comunes.

#### **Aguas Sanitarias Residuales (Aguas Negras):**

Un agua residual típica puede contener aproximadamente 400 ppm de materia orgánica. Después que el agua residual se diluye en un buen sistema de tratamiento, la concentración se reduce aproximadamente a 20 ppm o menos. Esta concentración es muy baja para afectar considerablemente la resistencia del hormigón.

### **Agua de Curado:**

Los requerimientos para el agua de curado se establecen en la norma IRAM 1601 con las mismas exigencias aplicadas al agua de mezclado. El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el hormigón endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el hormigón es sumamente permeable. Se debe tomar en cuenta, consecuentemente, no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el hormigón para evitar la aparición de fisuras.

### **Agua de Lavado:**

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de agregados. Cuando se utiliza para el lavado de la hormigonera u otros equipos, el agua de lavado no debe contener impurezas en cantidades suficientes para producir el deterioro del equipo o de la mezcla. Para la reutilización del agua de lavado, se deberá asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma IRAM 1601 y se evitará el agua utilizada para el lavado de equipos que hubieran contenido aditivos tales que pudiesen afectar las características del nuevo hormigón elaborado.

El agua de lavado, introducida en el tambor de la hormigonera, después de la descarga del hormigón elaborado, puede eventualmente, ser usada como agua de mezclado, si se cumplen los siguientes requisitos, de acuerdo a la norma IRAM 1666 parte I:

1. El agua que se incorpora para el lavado, debe cumplir con la norma IRAM 1601.
2. El agua que resulte del lavado, debe cumplir con las exigencias físicas y químicas siguientes:
  - a) Tiempo de fraguado del mortero que integra según la norma IRAM 1601.
  - b) Resistencia a la compresión del mortero que integra según la norma IRAM 1601.
3. El agua que resulte del lavado, debe cumplir con las exigencias físicas y químicas Cloruros, expresados en ión cloruro, el contenido de cloruros aportado por los

componentes de la mezcla: agua, agregados y aditivos no debe superar los valores siguientes:

- Para hormigón armado convencional: 1.000 mg/l
- Para hormigón pretensado y tableros de puentes: 500 mg/l
- Sulfatos, expresados en ión sulfato: 3.000 mg/l - Álcalis, expresados como (Na<sub>2</sub>O + 0,658 K<sub>2</sub>O): 600 mg/l
- Residuo sólido según la norma IRAM 1601: 50.000 mg/l 1.4.5

### **Estructuras De Concreto:**

En los últimos años ha crecido el número de estructuras de concreto reforzado con problemas de corrosión de las armaduras, como consecuencia del envejecimiento de las construcciones existentes. La pérdida de protección natural ofrecida a la armadura por el recubrimiento de concreto, puede ocurrir a través de diversos mecanismos, siendo preponderantes la despasivación por carbonatación y el ataque de los iones cloruros. En ambos casos, la mayoría de veces, todo el componente estructural es atacado por el medio ambiente externo, sin embargo, la manifestación de la corrosión se da solamente en algunos puntos, muy localizados, como resultado de la propia naturaleza del proceso de corrosión electroquímica, donde regiones anódicas se alternan con regiones catódicas. En este trabajo se presentan los conceptos actualmente adoptados para prevenir la evolución del deterioro de las estructuras de concreto armado, a través de modelos de comportamiento que permiten proyectar para la durabilidad, al mismo tiempo que hacen posible una evaluación de la vida útil de las estructuras de concreto ya expuestas por años a determinados ambientes agresivos.

### **Vida Útil de las Estructuras:**

Por vida útil se entiende el período de tiempo durante el cual una estructura será capaz de desempeñar las funciones para las cuales fue proyectada. En el caso de deterioro de la estructura por corrosión de la armadura, se puede distinguir por lo menos tres situaciones:

1. Un período de tiempo que va hasta la despasivación de la armadura, el cual se denomina, normalmente, período de iniciación. A este período de tiempo se puede asociar la llamada vida útil de proyecto. Normalmente corresponde al período necesario para que el frente de carbonatación o el frente de cloruros alcancen la armadura. Por frente de carbonatación se entiende la posición de la interface entre una región carbonatada, de baja alcalinidad por acción del gas carbónico sobre los productos alcalinos de la hidratación del cemento y una región contigua no carbonatada y por consiguiente de alto pH. Por frente de cloruros se entiende la posición de la interface entre una región contaminada por un cierto nivel de cloruros, suficiente para despasivar la armadura en aquella condición específica y una región contigua donde el nivel de cloruros todavía no alcanza el nivel suficiente para despasivar. Este contenido de cloruros varía en función de varios condicionantes entre el 0,05 y el 1% del peso del cemento. El hecho de que el frente de carbonatación o un cierto nivel de cloruros haya alcanzado la armadura y teóricamente la haya despasivado, no significa necesariamente que a partir de ese momento habrá corrosión importante. Ese período de tiempo, no obstante, es un período que debe ser tenido en cuenta al proyectar la estructura, en aras de la seguridad.
2. Un período de tiempo que va desde el momento en que aparecen manchas en la superficie del concreto, u ocurren fisuras en el concreto de recubrimiento, hasta cuando se presenta el desprendimiento del recubrimiento. A este período se asocia la vida útil de servicio o de utilización de la estructura. Este período es muy variable y depende de cada caso en especial, pues ocurre que, en ciertas construcciones, es inadmisibles que la estructura presente manchas de corrosión o fisuras. En otros casos sólo la caída de pedazos de concreto, que ponga en peligro la integridad de las personas, puede ser considerada el momento a partir del cual se debe considerar cumplida la vida útil de servicio de la estructura.
3. Un período de tiempo que va hasta la ruptura o colapso parcial o total de la estructura. A este período de tiempo se asocia la llamada vida útil última o total. Corresponde al período de tiempo para el cual habrá una reducción significativa

de secciones resistentes de la armadura o una pérdida importante de adherencia concreto-refuerzo, acarreado el colapso parcial o total de la estructura.

### **Calidad del Agua para Uso con el Concreto:**

El agua, considerada como materia prima para la confección y el curado del hormigón debe cumplir con determinadas normas de calidad. Las normas para la calidad del agua son variables de país a país, y también pueden tener alguna variación según el tipo de cemento que se quiera mezclar. Esta deberá ser limpia y fresca hasta donde sea posible y no deberá contener residuos de aceites, ácidos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio (llamados álcalis blandos) sales, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas y estará asimismo exenta de arcilla, lodo y algas. Los límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua son los siguientes:

*Tabla N° 01: Tabla de límites máximos permisibles de concentración de sustancia en el agua.*

Sustancia y Ph	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
Ph	6 < pH < 8

Fuente: MINSA

Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curar lo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

En determinados casos se requiere, con objeto de disminuir la temperatura del concreto al ser elaborado, que una parte del agua de mezclado se administre en forma de hielo

molido o en escamas. En tales casos, el agua que se utilice para fabricar el hielo debe satisfacer las mismas especificaciones de calidad del agua de mezclado.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concreto; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad, pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto. En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

#### **Requisitos de Calidad:**

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas ya sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

#### **Características Físico-Químicas:**

Refiriéndose a las características físico-químicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc. Sin embargo, en lo que sí parece haber

acuerdo es que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como grasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo. La presencia de alguna de estas sustancias, que por lo demás no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua.

Cuando el agua de uso previsto es potable, cabe suponer en principio que sus características físico-químicas son adecuadas para hacer concreto, excepto por la posibilidad de que contenga alguna sustancia saborizante, lo cual puede detectarse fácilmente al probarla. Así, por ejemplo, el USBR considera que, si el agua es clara, y no tiene sabor dulce, amargo o salobre, puede ser usada como agua de mezclado o de curado para concreto, sin necesidad de mayores pruebas. Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se puede juzgar su aptitud como agua para concreto mediante los requisitos físico-químicos contenidos en la Norma Oficial Mexicana NOM C-122(46), recomendados especialmente para aguas que no son potables. Para el caso específico de la fabricación de elementos de concreto pre esforzado, hay algunos requisitos que son más estrictos en cuanto al límite tolerable de ciertas sales que pueden afectar al concreto y al acero de pre esfuerzo, lo cual también se contempla en las NOM C-252(47) y NOM C-253(48).

### **Efectos en el Concreto:**

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la valuación de los efectos que produce en el concreto, que en la cuantificación de las sustancias indeseables e impurezas que contiene. Esto aparentemente se justifica porque tales reglamentaciones están dirigidas principalmente a construcciones urbanas, industriales o similares, cuyo concreto se produce en localidades donde normalmente se dispone de suministro de agua para uso industrial o doméstico. No siempre ocurre así durante la construcción de las centrales eléctricas, particularmente de las hidroeléctricas, en donde es necesario acudir a fuentes de suministro de agua cuya calidad es desconocida y con frecuencia muestra señales de contaminación. En tal caso, es prudente determinar en primer

término las características físico-químicas del agua y, si estas son adecuadas, proceder a verificar sus efectos en el concreto.

### **Verificación de Calidad:**

La verificación de la calidad del agua de uso previsto para elaborar el concreto, debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes, como es el caso de las centrales para generar energía eléctrica. Sin embargo, puede permitirse que esta verificación se omita en las siguientes condiciones: El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color ni sabor; no obstante que no posea antecedentes de uso en la fabricación de concreto. El agua procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación de concreto con buenos resultados, y no se le aprecia olor, color ni sabor. Por el contrario, la verificación de calidad del agua, previa a su empleo en la fabricación de concreto, debe ser un requisito ineludible en los siguientes casos: El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y, aunque posee antecedentes de U80 en la fabricación de concreto, se le aprecia cierto olor, color o sabor. El agua procede de cualquier fuente de suministro sin antecedentes de uso en la fabricación de concreto, aunque no manifieste olor, color ni sabor. Cuando la obra se localiza en las inmediaciones de un centro de población, es muy probable que exista abastecimiento de agua en la localidad, del cual pueda disponerse para fabricar el concreto.

### **Cuenca del Río Negro**

#### **Hidrografía:**

La cuenca del río Negro se encuentra en la margen derecha del río Santa, el área de estudio es recorrida por los tributarios de este río que constituyen subcuentas y micro cuencas que en conjunto dan nacimiento al río Negro o río Olleros, con un rumbo predominante de Este – Oeste.

### **Río Negro:**

Es denominado así, porque en la estación de invierno arrastra gran cantidad de arcillas y limos negros. Es el colector más importante y de régimen permanente que nace en la cordillera Blanca como producto de los deshielos. Este río tiene dos nacientes, por un lado, el río Arhuay que tiene su origen en las diversas lagunas en la quebrada Ututo; por otro, el río Rurec que tiene su origen en la laguna Pampa Raju o “Verdecocha”, que al confluir aguas abajo da nacimiento al río Negro. Este río recibe por la margen derecha las aguas de un afluente llamado Puyhuan, el mismo que tiene sus orígenes en el Nevado Huantsan y discurre por la quebrada Huaracayoc. El río Negro desemboca al río Santa por la margen derecha A dos kilómetros de la capital del distrito.

### **Ordenamiento Territorial en la Cuenca:**

La cuenca del río Negro es un territorio que aún no ha sido estudiado con fines de planificación física, lo que significa que el uso actual del territorio se viene dando de manera espontánea de acuerdo a sus aptitudes naturales, conocimiento y necesidades de la población con fines de vivienda actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Las principales formas de relieve de mayor ocupación son las terrazas fluviales que ocupadas con fines de vivienda y agricultura, las pequeñas altiplanicies, pampas, colinas y laderas de moderada pendiente son destinadas a las actividades agropecuarias y forestales. En la altiplanicie alto andina y valles glaciares se desarrollan las actividades eminentemente ganaderas y últimamente se ha dado inicio a la práctica del turismo de alta montaña.

En este contexto, el territorio de la cuenca no está aún delimitado con fines turísticos en el sentido estricto de la palabra, es decir en sitios, áreas y zonas turísticas para construir y/o mejorar la infraestructura y planta turística para garantizar el flujo turístico; mientras tanto, se viene aprovechando espontáneamente los espacios aledaños donde se localizan las aguas termales (puente calicanto) y otros de carácter paisajístico.

### **Características Geográficas Localización del Área:**

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Negro que abarca los territorios del distrito de Olleros de la provincia de Huaraz y parte del poblado menor de Canrey Chico, Pariapata y Tambo de la provincia de Recuay, departamento de Ancash. Comprende una extensión aproximada de 233 km<sup>2</sup>, con altitudes que fluctúan desde los 3,250 hasta los 5,743 m.s.n.m.; localizándose en la margen derecha del Río Santa, al sur-este de la ciudad de Huaraz, provincia del mismo nombre y capital del departamento de Ancash, hoy llamado Región Ancash.

### **Ubicación:**

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas:

Longitud Oeste: 77 ° 15' 49" a 77° 28' 55"

Latitud Sur: 9° 31' 38" a 9° 40' 55"

### **Limites:**

**Por el Norte:** Limita con la divisoria de aguas desde el C° Pamparac, nevado Huanchán, C° Pucarapata, C° Mulli Jirca y hasta el río Santa

**Por el Este:** Limita con la divisoria de aguas de la cordillera Blanca, comprendida desde el nevado Potrero, Huantsán, Queullasraju, Yanaraju, Auquispunta, Nevado Matashcu y Nevada Yanaraju.

**Por el Sur :** El límite empieza desde el Nevado Yanaraju sigue la divisoria de aguas de los cerros Pampa Rajupunta, C° Tunshu , cerro Pisca Huanca, prosiguiendo hasta la colina de Cotocancha y de ahí prosigue hasta la confluencia de los ríos Rurec y Arhuay , sigue la talweg del río Negro hasta la confluencia con el río Santa.

**Por el Oeste:** Limita con el talweg del río Santa.

### **Cultivo de la Tuna:**

La tuna (*Opuntia ficus*) es una planta de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los andes peruanos. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado

condiciones adecuadas para su establecimiento. Sus frutos son consumidos en forma natural tanto por campesinos como por pobladores locales y son comercializados en los principales mercados del país. Con éstos también se elaboran productos derivados como mermeladas y bebidas. Sus tallos se utilizan como forraje para el ganado, especialmente en épocas de sequía, igualmente son útiles en el establecimiento de cercos vivos y cuando la planta muere, sus restos se usan para la elaboración de fertilizantes orgánicos. Pero el uso más frecuente que se le da a esta planta es como hospedera para la crianza de un insecto conocido como cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), en cuyo interior se produce el carmín, pigmento natural usado en la industria alimenticia, textil y farmacéutica. El Perú sigue siendo el primer productor de carmín a nivel mundial, aportando entre el 85 y el 90% de la demanda internacional, y la actividad productiva se basa en la recolección artesanal de estos insectos, principalmente en la zona de Ayacucho.

### **Características Morfológicas**

#### **El Tallo:**

La tuna es un vegetal arborescente de 3 a 5m de alto, su tronco es leñoso y mide de entre 20 a 50cm de diámetro. En el Perú las variedades más usuales desarrollan portes de aproximadamente 1,5 a 2,00m de altura. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por un tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos.

#### **Cladodios:**

Forma penca denominadas cladodios de 30 a 60cm. de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3cm de espesor. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillas. Estas estructuras transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis y están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de estomas, los mismos que permanecen cerrados durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por las altas temperaturas del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso. Las pencas y tallos tienen espinas.

El sistema radicular es profundo; no obstante, dependiendo de la humedad ambiental, pueden desarrollar raíces laterales superficiales.

### **Hojas:**

Sólo en cladodios internos, transformadas en espinas en forma de garra, engrosadas en su base, para defensa; las caducas sólo se observan sobre tallos tiernos. Cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hallan las aréolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas.

### **Flores:**

Son solitarias, localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero. Las flores se abren a los 35 a 40 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco.

### **Fruto:**

Es una baya polisperma de forma ovoide esférica de color verde y toma diferentes colores cuando maduran, son comestibles, agradables y dulces; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud.

### **Usos y Aplicaciones:**

De la tuna se utiliza el mucílago, la cáscara, la pulpa y sus compuestos químicos para la elaboración de aceites comestibles, pectinas y colorantes. Se emplea también en la elaboración de vinos, licores, refresco "tuna", miel de tuna tipo maple (que los conquistadores llamaron "melcocha"), queso de tuna, mermeladas, jaleas, deshidratados para dulces de alto valor energético, barras de cereales, alcohol industrial, vinagres, aromatizantes, pasta y harina forrajera. El contenido de fibras, proteínas, minerales y materias grasas de la *Opuntia ficus indica* es mayor que el encontrado en otras frutas; una taza de higos contiene 5g de fibra, 20% más de la

cantidad recomendada para el consumo diario, 6% de hierro, 6% de calcio y 7% de potasio. Sus carbohidratos se componen de glucosa o fructosa. Una porción de 40g de *Opuntia ficus indica* sustituye el consumo de una fruta. Por las características nutricionales de este fruto, el Higo Chumbo encaja en prácticamente en cualquier dieta, sea esta baja en sodio, alta en fibra, para pérdida de peso y para tratar diabetes.

### **Usos Alternativos:**

Además de esos usos mencionados previamente, se han localizado otros que es probable que sea interesante investigar para identificar su valor económico real, su potencialidad de beneficios al usuario y/o consumidor, si viabilidad y factibilidad de negocio y su competitividad con respecto a los demás productos que pudieran ser utilizados para estas aplicaciones con la meta de poder sustituirlos donde sea un negocio potencialmente atractivo. Los usos alternativos identificados, son los siguientes:

- Cercos: Las especies espinosas de tuna se utilizan tradicionalmente como cercos, para limitar huertos familiares o terrenos y esto se realiza desde tiempos muy antiguos.
- Adhesivos: Por las propiedades adhesivas de la tuna, se ha hecho uso de ellas en aditivos. Estudios recientes proponen utilización del polvo de nopal para la construcción con el fin de aumentar la dureza de las estructuras de concreto, habiendo logrado resultados sorprendentes con adiciones de 5g de mucílago de nopal liofilizado por cada 1,200g de materiales secos a utilizar, con lo que se logra una dureza del 56% mayor que la del concreto normal.
- Pinturas e Impermeabilizantes: A partir del mucílago de la tuna, se fabrican pinturas impermeabilizantes, que pueden ser aplicados en cualquier construcción con tierra, cemento u otros materiales, para protegerla. La protección de la construcción se da contra el frío, la humedad del ambiente, del agua, de los insectos y otros.
- Combustible: El tronco y las pencas secas pueden utilizar como combustible en zonas desérticas. Las paletas de los nopales tienen una gran cantidad de lignina,

son leñosas, y se pueden usar como leña, en zonas donde no hay electricidad ni petróleo ni energía comercial.

- Forraje en Zonas Áridas y Semiáridas de Todo El Mundo: En zonas áridas y semiáridas, se utiliza mucho a la planta de tuna como alimento forrajero, debido a sus cualidades nutricionales y a su contenido de agua. Este alimento puede ser utilizado para diversos tipos de ganado y, pues través de diversos estudios, se ha comprobado su calidad y sus cualidades en esta aplicación. La tuna puede ser una alternativa altamente viable en una tercera parte del territorio terrestre del mundo, el cual está cubierto de zonas áridas y semiáridas.
- Producto Ecológico: La siembra de grandes superficies de tunales permitiría la recuperación y regeneración del suelo, la preservación de biodiversidad de zonas desérticas y semidesérticas, en donde habitan víboras, zorrillos, conejos, liebres y una gran diversidad de aves, como halcones, águilas, búhos, entre otros.  
Es una alternativa para contrarrestar cambios climáticos globales y desertificación. Otros beneficios provenientes de Opuntia son la conservación del suelo y el agua, así como la protección de la fauna local en zonas áridas y semiáridas Debido a que crece en tierras severamente degradadas, su uso es importante por su abundancia en áreas donde muy pocos cultivos pueden lograrse.
- Restauración de Terrenos: Un producto adicional es el mucílago o goma, obtenible por el prensado de la penca o cladodio. Es una especie muy usada en las prácticas agroforestales, asociado con cultivos con especies agrícolas y/o forrajeras, en cercos vivos espinosos, barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y, en general, como parte de prácticas de protección de suelos.
- Aplicaciones Industriales: En la industria, es usado como anticorrosivo, fuente de pigmentos y como colorante natural.
- Paisajismo y Control de Contaminación: El cultivo de la tuna frena la desertificación e impide la erosión del suelo, pero además consume CO<sub>2</sub> por las noches en grandes cantidades, por lo que disminuye significativamente la contaminación del aire. Por ello debe recomendarse la plantación de esta especie en los parques y jardines de las ciudades.

Se están estudiando sus capacidades para actuar como un agente anticontaminante para limpiar el agua sucia y también como una fuente sustituta del petróleo.

## **2. Justificación de la Investigación**

Esta investigación busca mejorar de manera específica la resistencia obtenida con el concreto, el que beneficiara casi en su totalidad a las viviendas en el distrito de Olleros.

### **Aporte Científico:**

En el presente proyecto busco contribuir con avances tecnológicos obtener un mejor concreto, se tendrá en cuenta el aspecto económico para que esté al alcance de la población del distrito de Chimbote. Diseñando un concreto con la utilización de agua de río Negro; y mejorando la resistencia  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  con la sustitución de mucilago de Tuna, obtendremos un concreto resistente que podrá satisfacer las necesidades constructivas en la región Ancash.

### **Beneficio Social:**

En la actualidad buscar alternativas de recursos naturales para el diseño de un concreto de Alta Resistencia , nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan varias décadas atrás y sabiendo que en Ancash tiene una gran variedad de Cuencas Hidrológicas he ahí donde se fundamenta nuestra investigación que a corto plazo será una opción interesante para la construcción, debido a que las técnicas constructivas ofrecerán en el futuro estructuras con los elementos más ligeros y delgados, pero con una resistencia sumamente mayor y aun costo menor.

## **3. Problema**

El Distrito de Olleros, con condiciones geológicas adversas hace que las estructuras de las obras civiles de concreto expuestas presenten deterioro por su defecto. Las Obras civiles de importancia que se están realizando muchas veces presentan elementos de difícil obtención y elevado costo.

Por estos motivos para lograr una mayor durabilidad y resistencia es necesario elaborar un concreto de Alta resistencia, por lo que se recurre al uso de Mucilago de Tuna, como clarificante del Agua del Rio Negro, quedan mejorar la resistencia inicial lo que nos lleva a plantear el siguiente problema:

¿En qué medida la utilización del agua del Rio Negro- Olleros incorporando 1,50 gr. de Mucilago de Tuna (*opuntia ficus*) para su clarificación afectara a la resistencia a la compresión del concreto?

#### 4. Conceptualización y Operacionalización de las Variables

Tabla N° 02: Variable Dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Resistencia a la Compresión</b>	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. Según Mayori.M (2011)	Esta variable será medida mediante una prensa para ensayos de compresión en la cual nos dará el valor de cuanto resistirá si le cargamos una fuerza axial sobre dicha probeta donde según valores será una variable cuantitativa continua	- Área. - Tiempo de curado - Carga Axial.	- Diámetro de la probeta. - Numero de días: 7,14 y 28 días

Fuente Propia

Tabla N° 03: Variable Independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Agua	El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. Según Paredes J. (2013)	Elemento que conforma el concreto y al entrar en contacto con el cemento provoca reacciones químicas e hidratación, y que junto a los agregados fino y grueso, proporcionan propiedades de fraguado y endurecimiento.	- Agua Potable - Agua de Rio Negro clarificada con Mucilago de Tuna	- pH - Turbidez

Fuente Propia

## 5. Hipótesis

La aplicación del agua del Rio negro clarificado con mucilago de tuna incorporando 1.50 gr. podrá obtener una mejor resistencia la compresión del concreto en comparación a la aplicación del agua convencional.

## 6. Objetivos

### Objetivo General

Determinar en qué medida la utilización del agua del Rio Negro clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.50 gr/Lt, alterará la resistencia a la compresión respecto a un concreto convencional.

### Objetivos Específicos

- Determinar el pH y turbidez del Agua Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.50 gr/Lt.

- Determinar la relación Agua/Cemento de una mezcla de concreto mediante el diseño de mezcla correspondiente.
- Determinar la resistencia promedio a la compresión del concreto experimental con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt y compararlo con un diseño sin sustitución (Patrón).

## II. METODOLOGÍA

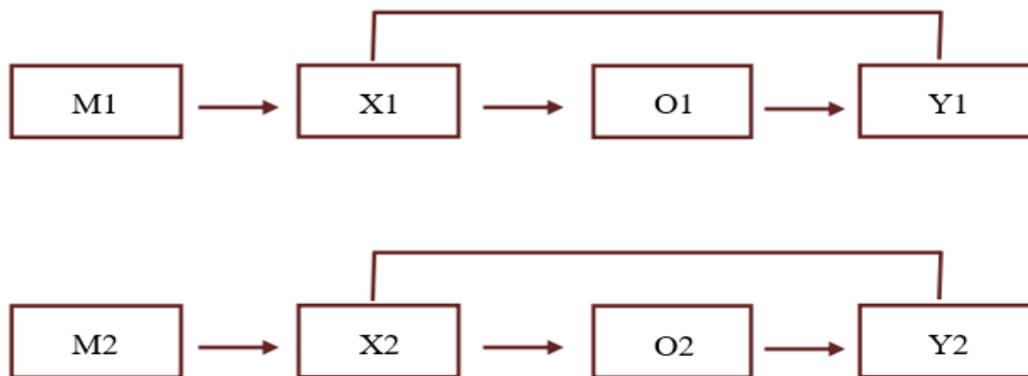
### a. Tipo y Diseño de Investigación:

#### Tipo de Investigación

El tipo de investigación es Aplicada, porque permitió solucionar el problema de calidad de agua en el concreto para utilización en Olleros.

#### Diseño de Investigación:

El diseño de la investigación es Experimental de nivel “Cuasi - experimental”; porque se comparó 2 grupos de estudio; realizando el control de las variables.



Donde:

- M1: Representa al grupo de control y lo constituyen las muestras de probetas con el Método Tradicional.
- M2: Representa al grupo experimental y lo constituyen las muestras de probetas utilizando agua de Rio Negro clarificado con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.
- X1: Agua Potable.
- X2: Agua de Rio Negro clarificado con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.
- O1: Diseño de mezcla convencional.
- O2: Diseño de mezcla utilizando agua de Rio Negro clarificado con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.
- Y1: Resistencia a la compresión de concreto convencional.
- Y2: Resistencia de concreto utilizando agua de Rio Negro clarificado con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.

## b. Población y Muestra

### Población:

Se conformó por 18 probetas de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , que serán elaboradas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro de Chimbote.

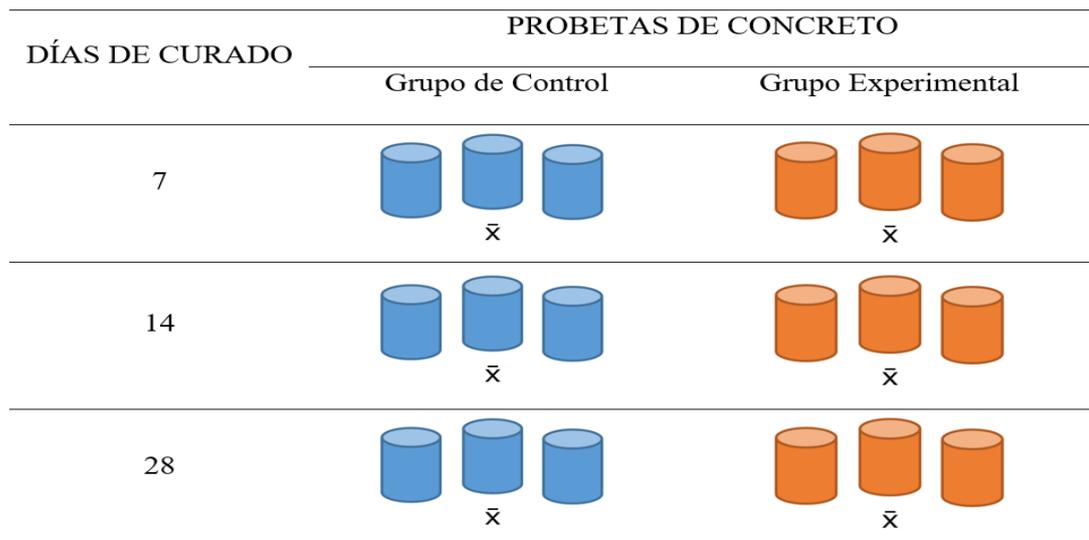
### Muestra:

Se conformó por las probetas a ensayar según norma estandarizada ASTM C-39, las cuales serán en número:

$n = 18$  probetas de concreto distribuida de la siguiente manera:

- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 7 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 14 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 28 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación de 1.5 g. de Mucilago de Tuna - 7 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación de 1.5 g. de Mucilago de Tuna - 14 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación de 1.5 g. de Mucilago de Tuna - 28 días).

Figura N° 01: Diseño en bloque, cantidad de probetas según días de curado.



Fuente: Propia

## Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla N° 04: Técnicas e Instrumentos de Investigación.

Método o Técnica	Instrumento	Nivel de investigación	Naturaleza de la investigación	Ámbito de la investigación
Observación experimental	Guía de Observación	Experimental	Prospectivo	Muestras

Fuente: Propia.

## Procesamiento y Análisis de la Información

Se aplicó métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales. Dentro de los métodos descriptivos, la recolección de datos se clasificará sistemáticamente y se presentara en tablas estadísticas de distribución de frecuencias, además para visualizar mejor el comportamiento de variables se construirán gráficos estadísticos y se calcularan medidas estadísticas como: Media aritmética.

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y gráficos estadísticos.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- El agregado grueso y fino se extrajeron de la cantera “Rubén – Chimbote”.
- Se utilizó cemento de la marca Pacasmayo Portland Tipo I.
- El agua utilizada fue potable y agua del Rio Negro.
- Se utilizó el mucilago de tuna como clarificador.

## Localización en Ancash

La selección y extracción del agua del Rio negro y el mucilago de Tuna proviene de del Rio Negro en Huaraz entre las coordenadas: Este: 227837.19 m – Norte: 8929865.72 m a una altura: 3320 m.s.n.m. Así mismo los agregados grueso y fino fueron extraídos de la cantera Rubén en Chimbote, ubicado entre las coordenadas: Este: 762105.88 m – Norte: 8999641.97 m a una altura: 55 m.s.n.m.

Figura N° 02: Ubicación de toma de la muestra (Rio Negro – Olleros).



Fuente: Google Earth.

Para el análisis de los materiales tanto en su composición física y mecánicas se procedió de la siguiente manera:

En primer lugar, se realizó la extracción y tratamiento del agua del Rio Negro y el mucilago de tuna para su aplicación en el concreto, para ello nos dirigimos al Rio Negro – Olleros en este sector se extrajo el agua, para su transporte se emplearon cajas de tecnopor con bolsas de hielo. Así mismo en las orillas del Rio Negro se recolecto el mucilago de tuna, esta extracción se realizó de forma manual con el uso de serruchos y machetes, para su transporte se empleó bolsas de térmicas.

Posterior a ello, se procedió en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro Sede Principal, los ensayos de los agregados con los siguientes procedimientos: Contenido de humedad según ASTM D2216-71, Análisis granulométricos, Peso específico y Absorción según ASTM C29, NTP 400.022, Pesos unitarios suelto y compactado según ASTM C29/C29M NTP 400.017. Módulo de

fineza según NTP 400.037. Los datos obtenidos sirvieron para desarrollar el diseño de mezcla de concreto patrón y experimental.

Luego, con los datos obtenidos en el paso anterior, se procedió a calcular la dosificación para el Diseño de Mezcla tanto para el concreto patrón y experimental.

Después, teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del concreto experimental y patrón con una relación A/C de 0.68, según lo indicado en la NTP 339.033, dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Al finalizar todos estos pasos se procedió a la elaboración de las probetas de concreto en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro con el uso de moldes cilíndricos lámina rígida con dimensiones de 15cm de diámetro y 30cm de altura NTP 339.034:2008., los cuales se limpiaron con anterioridad para evitar posibles contaminaciones producidas por el uso inadecuado, al momento del ensayo se le aplicó una película de petróleo en el interior del molde para facilitar el desmolde de las probetas, el cual va a evitar la adherencia entre la lámina y el concreto.

Para concluir con el ensayo se utilizó una mezcladora eléctrica, y se procedió de la siguiente manera; Primero se produjo el concreto patrón que nos ayudará a contrastar y verificar tanto el diseño como la diferencia de las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días con una relación agua cemento (A/C) de 0.684, para las probetas de diseño se procedió de la siguiente manera; se comenzó con la utilización de una balanza analítica para pesar las cantidades exactas de los agregados, cemento y agua (potable y clarificada con mucilago de tuna), luego la mezcla se vació en moldes metálicos, el vaciado fue realizado en tres capas. Se compactó con una varilla de acero punta de bala diámetro de 6.35 mm (L/4") dando 25 golpes por capa distribuidos en toda el área, aproximadamente un golpe cada pulgada cuadrada. Así como 15 golpes al molde metálico por capa con un martillo de goma. Alrededor del diámetro del molde cilíndrico. Luego se rotuló cada una para regresar el día siguiente a desencofrarlas y poder así proceder a sumergirlas en agua para su curado correspondiente. Todos los especímenes se mantuvieron en sus moldes durante 24 h protegiéndolos de la pérdida

de humedad y posteriormente fueron curados en forma estándar. El procedimiento de mezclado, colado y curado. Utilizando agua potable de acuerdo a la Norma E.060.

La prueba de revenimiento o también conocida como de asentamiento, los procedimientos realizados fueron: Humedecer el molde y el piso o placa base, ejecutar sobre una superficie rígida no absorbente. Apoyar fijamente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde. Utilizamos una base construida de un material liso y no absorbente, varilla de 24" de largo por 1 /4" de diámetro que deberá tener uno o ambos extremos redondeados semiesféricamente. El molde en forma de cono truncado se llena con la mezcla en 3 capas de la misma altura, compactando con 25 golpes de varilla por vez, acto seguido se levanta el molde y se mide cuanto ha descendido la mezcla en el punto central. El valor obtenido, es la medida de la consistencia de la mezcla. Se la denomina también asentamiento, puede variar entre 3" y 4", según sea el tipo de estructura y los procedimientos de encofrado colocación y compactación.

El ensayo de Resistencia a la Compresión se realizó con una Máquina de rotura de testigos de concreto a compresión marca ELE internacional. Para todas las probetas a las edades de 7, 14 y 28 días que se elaboraron en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro Sede Principal.

### III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el laboratorio de materiales de la Colecbi S.A.C., acreditado por INACAL respecto a las propiedades del agua recolectada del Río Negro Olleros en su estado natural y clarificada con 1.50 gr/lts de Mucilago de Tuna, fueron los siguientes:

*Tabla N° 05: Resultados del Informe de Ensayo de Agua del Río Negro Olleros.*

<b>ENSAYOS</b>	<b>MUESTRA N° 01</b>
1. Sulfato (mg/L)	12
2. Cloruros (mg/L)	11
3. pH	2.76
4. Materia Orgánica (mg/L)	<5
5. Sólidos Totales (mg/L)	445
6. Carbonatos (mg/L)	<1
7. Bicarbonatos (mg/L)	<1

Fuente: COLECBI.

De la tabla 05 se puede rescatar que el pH obtenido es de 2.76 y se tiene unos sólidos totales de 445 mg/Lt, con lo cual se deduce que el agua del Río Negro Olleros, es ácida.

*Tabla N° 06: Resultados del Informe de Ensayo de Agua del Río Negro Olleros.*

<b>ENSAYOS</b>	<b>MUESTRA N° 01</b>
1. pH	9.23
2. Turbidez (mg/L)	<10 NTU

Fuente: COLECBI.

De la tabla 06 se puede rescatar que el pH obtenido es de 9.23 y se tiene un Turbidez menor a 10 NTU, con lo cual se deduce que el agua del Río Negro Olleros clarificada con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna, es alcalina.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro Sede Principal.

Los ensayos realizados a los agregados fino y grueso son:

**Contenido de humedad:**

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de agregado fino y grueso.

El contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de agregado fino y grueso.

*Tabla N° 05: Ensayo de contenido de humedad de agregado fino.*

<b>AGREGADO FINO</b>		
<b>Recipiente N°</b>	<b>N° 01</b>	<b>N° 02</b>
1. Peso Recipiente + Agregado Húmedo	362.00	492.30
2. Peso Recipiente + Agregado Seco	360.00	490.00
3. Peso Recipiente (gr)	65.00	195.00
4. Peso del agua (1) - (2)	2.00	2.30
5. Peso Suelo Seco (2) - (3)	295.00	295.00
6. Humedad (4/5) x 100%	0.68	0.78
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>0.73</b>	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

*Tabla N° 06: Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso.*

<b>AGREGADO GRUESO</b>		
<b>Recipiente N°</b>	<b>N° 01</b>	<b>N° 02</b>
1. Peso Recipiente + Agregado Húmedo	906.00	1363.00
2. Peso Recipiente + Agregado Seco	900.00	1355.00
3. Peso Recipiente (gr)	70.00	205.00
4. Peso del agua (1) - (2)	6.00	8.00
5. Peso Suelo Seco (2) - (3)	830.00	1150.00
6. Humedad (4/5) x 100%	0.72	0.70
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>0.71</b>	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

## Análisis Granulométrico

Los resultados del análisis de contenido de humedad según ASTM D2216-71 se obtuvo la humedad promedio 0.71% para el agregado grueso y 0.73% el agregado fino.

### Análisis granulométrico del agregado fino

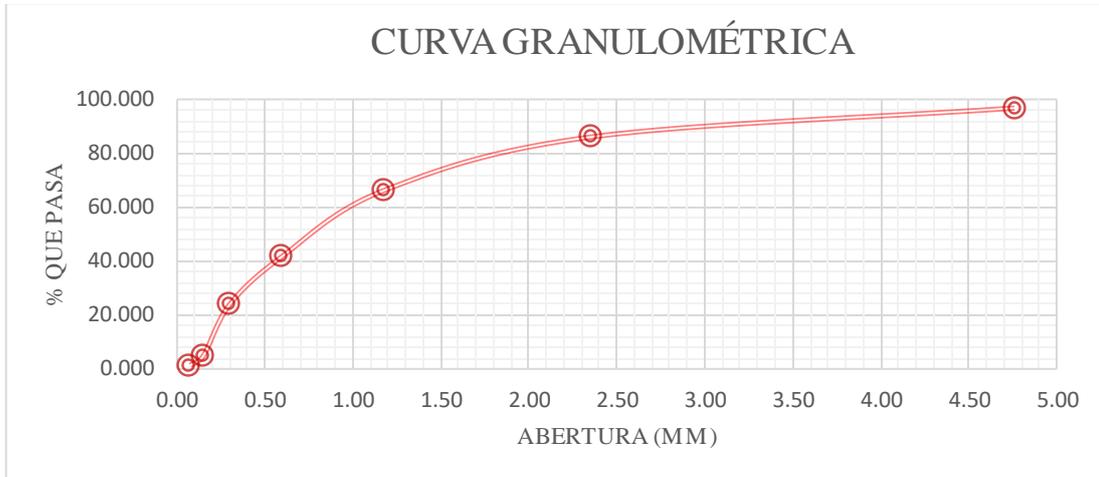
Tabla N<sup>o</sup> 07: Ensayo de análisis granulométrico de arena.

<b>AGREGADO FINO</b>						
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>Nº</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>RETENIDO (gr)</b>	<b>RETENIDO PARCIAL</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>QUE PASA</b>	<b>QUE PASA</b>
3"	76.20	0	0	0	100.00	100.00
2 1/2"	63.50	0	0	0	100.00	100.00
2"	50.80	0	0	0	100.00	100.00
1 1/2"	38.10	0	0	0	100.00	100.00
1"	25.40	0	0	0	100.00	100.00
3/4"	19.00	0	0	0	100.00	100.00
1/2"	12.50	0	0	0	100.00	100.00
3/8"	9.52	0	0	0	100.00	100.00
Nº 04	4.76	27.00	3.22	3.22	96.781	96.781
Nº 08	2.36	89.60	10.68	13.90	86.098	86.098
Nº 16	1.18	166.00	19.79	33.70	66.305	66.305
Nº 30	0.60	205.00	24.44	58.14	41.862	41.862
Nº 50	0.30	150.00	17.88	76.02	23.978	23.978
Nº 100	0.15	160.00	19.08	95.10	4.900	4.900
Nº 200	0.08	30.00	3.58	98.68	1.323	1.323
PLATO	<b>ASTM C-117-04</b>	11.10	1.32	100.00	0.000	0.000
<b>TOTAL</b>		<b>838.70</b>	<b>100</b>			
					<b>Módulo de finura</b>	<b>2.80</b>

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N<sup>a</sup> 07, del análisis granulométrico del agregado fino se obtuvo un módulo de finura igual a 2.80.

Figura N<sup>o</sup>05: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

### Análisis granulométrico del agregado grueso

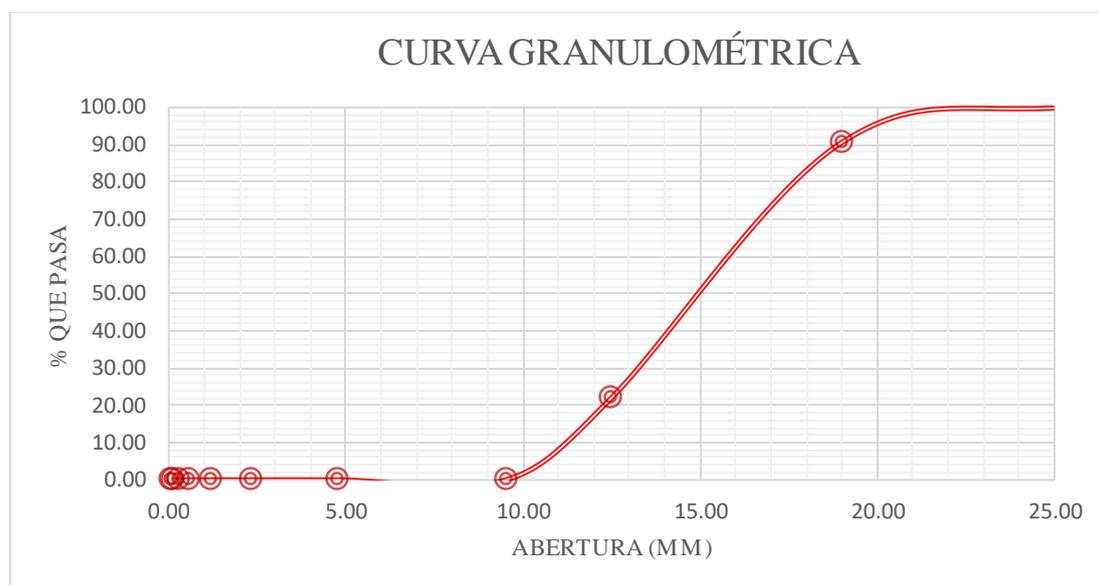
Tabla N<sup>o</sup>08: Ensayo de análisis granulométrico de grava.

AGREGADO GRUESO					
TAMIZ		PESO	%	%	%
N <sup>o</sup>	ABERTURA (mm)	RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA
3"	76.20	0	0.00	0	100.00
2 1/2"	63.50	0	0.00	0	100.00
2"	50.80	0	0.00	0	100.00
1 1/2"	38.10	0	0.00	0	100.00
1"	25.40	0	0.00	0	100.00
3/4"	19.00	85.6	9.38	9.38	90.62
1/2"	12.50	625.3	68.55	77.93	22.07
3/8"	9.52	201.3	22.07	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 04	4.76	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 08	2.36	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 16	1.18	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 30	0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 50	0.30	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 100	0.15	0.00	0.00	100.00	0.00
N <sup>o</sup> 200	0.08	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO	ASTM C-117-04	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>912.20</b>	<b>100</b>		
<b>Módulo de finura</b>					<b>7.87</b>

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N° 08, del análisis granulométrico del agregado grueso se obtuvo un módulo de finura igual a 7.87, tamaño máximo nominal 3/4”.

Figura N°06: Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

### Peso específico y absorción de los agregados

Tabla N°09: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso.

AGREGADO GRUESO		
IDENTIFICACION	N° 01	N° 02
A. Peso Material Saturado Superficialmente seca (en Aire) (gr)	1444.50	1390.90
B. Peso Material Saturado Superficialmente seca (en Agua) (gr)	939.90	905.40
C. Volumen de Masas / Volumen de vacíos = A - B	504.60	485.50
D. Peso Material Seco en Estufa (105° C)	1436.40	1382.90
E. Volumen de Masa ( C - ( A - D ) )	496.50	477.50
Pe Bulk (Base Seca) ( D / C )	2.847	2.848
Pe Bulk (Base Saturada) ( A / C )	2.863	2.865
Pe Aparente (Base Seca) ( D / E )	2.893	2.896
% de Absorción (( A - D ) / D ) x 100	0.56	0.58
<b>Pe Bulk (Base Seca)</b>	<b>2.848</b>	
<b>Pe Bulk (Base Saturada)</b>	<b>2.864</b>	
<b>Pe Aparente (Base Seca)</b>	<b>2.895</b>	
<b>% de Absorción</b>	<b>0.57</b>	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N°09, del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso se obtuvo un porcentaje de peso específico (Base Saturadas) 2.864% y un porcentaje de absorción igual a 0.57%.

Tabla N° 10: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino

<b>AGREGADO FINO</b>			
<b>IDENTIFICACION</b>	<b>N° 01</b>	<b>N° 02</b>	
A. Peso Material Saturado Superficialmente seca (en Aire) (gr)	300.00	300.00	
B. Peso Picnómetro	653.00	654.00	
C. Peso Frasco + H <sub>2</sub> O ( A + B )	953.00	954.00	
D. Peso del Material + H <sub>2</sub> O en el Picnómetro	845.00	846.00	
E. Volumen de Masa + Volumen de Vacío ( C - D )	108.00	108.00	
F. Peso del Material Seco en Estufa (105° C)	297.70	298.10	
G. Volumen de Masa ( E - ( A - F ) )	105.70	106.10	
Pe Bulk (Base Seca) (F/E)	2.756	2.760	
Pe Bulk (Base Saturada) ( A / E )	2.778	2.778	
Pe Aparente (Base Seca) ( F / G )	2.816	2.810	
% de Absorción (( A - F ) / F ) x 100	0.77	0.64	
<b>Pe Bulk (Base Seca)</b>	<b>2.758</b>		
<b>Pe Bulk (Base Saturada)</b>	<b>2.778</b>		
<b>Pe Aparente (Base Seca)</b>	<b>2.813</b>		
<b>% de Absorción</b>	<b>0.70</b>		

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N°10, del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino se obtuvo un porcentaje de peso específico (Base Saturadas) 2.778% y un porcentaje de absorción igual a 0.70%.

### Peso Unitario

Tabla N° 11: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso

<b>TIPO DE PESO UNITARIO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>					
	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso Material + Molde (Kg)	18100	18065	18120	19600	19570	19560
Peso del Molde (Kg)	5050	5050	5050	5050	5050	5050
Peso del Material (Kg)	13050	13015	13070	14550	14520	14510
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	9300	9300	9300	9300	9300	9300
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1403	1399	1405	1565	1561	1560
<b>Peso Unitario Promedio</b>	<b>1402</b>			<b>1562</b>		

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N<sup>a</sup>11 se obtuvo un peso unitario suelto igual a 1402 kg/m<sup>3</sup> y compactado 1562 kg/m<sup>3</sup> del agregado grueso.

Tabla N<sup>a</sup> 12: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO	AGREGADO FINO					
	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N <sup>o</sup>	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde (Kg)	7789	7745	7780	8340	8345	8225
Peso del Molde (Kg)	3300	330	3300	3300	3300	3300
Peso del Material (Kg)	4486	4445	4480	5040	5045	4925
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	2750	2750	2750	2750	2750	2750
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1631	1616	1629	1833	1835	1791
<b>Peso Unitario Promedio</b>	<b>1626</b>			<b>1819</b>		

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

De la tabla N<sup>a</sup>12 se obtuvo un peso unitario suelto igual a 1626 kg/m<sup>3</sup> y compactado 1819 kg/m<sup>3</sup> del agregado fino.

### Datos Finales Obtenidos:

Tabla N<sup>a</sup> 13: Datos obtenidos de los ensayos de laboratorio de los agregados fino y grueso.

AGREGADOS	FINO	GRUESO
Perfil:		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1614	1393
Peso unitario compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1806	1551
Peso específico (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.76	2.85
Módulo de fineza	2.80	
TMN		3/4"
% Absorción	0.70 %	0.57 %
% Humedad	0.73 %	0.71 %

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

Los resultados del análisis granulométrico del agregado fino para el diseño de mezclas de F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> del laboratorio se muestran en los Anexos adjuntos.

### Diseño de mezcla

Piedra chancada y agregado fino F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

El método utilizado para el diseño de mezclas de concreto es el ACI 211, la piedra chancada se obtuvo por trituración artificial de rocas de la cantera de Rubén para el diseño de mezcla correspondiente.

Como se trata de un concreto natural, según especificación de la Norma Técnica Peruana; el resultado obtenido de acuerdo con los datos técnicos en cantidad de materiales por metro cubico de concreto y las proporciones corresponden a un concreto normal utilizado en la actualidad.

Datos obtenidos en los ensayos anteriores:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico de agregado fino
- Análisis granulométrico de agregado grueso
- Gravedad específica y absorción
- Peso unitario

**Datos:**

- Cemento: 42.50 Kg
- Resistencia del Concreto: 210 Kg/cm<sup>2</sup>
- Peso Específico del cemento: 3.10 Gr/cm<sup>3</sup>
- Slump: 3-4"
- Peso específico del agua: 1000 Kg/cm<sup>3</sup>

De los datos anteriores se puede rescatar que el tipo del cemento a usar es portland I marca Pacasmayo, asimismo se tendrán en cuenta los datos de la tabla 13, donde los agregados son adecuados para realizar el cálculo del diseño de mezcla para obtener un concreto de  $F'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>. Para comparar con el diseño según la norma técnica peruana de la parte teórica.

**Cálculo del contenido del aire:**

- Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 1.90 cm
- De la tabla 13: Entonces Aire atrapado: 2 %

El contenido de aire está establecido según el tamaño máximo nominal igual a  $\frac{3}{4}$ ".

Tabla N<sup>o</sup> 14: Contenido de aire atrapado.

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.00
1/2"	2.50
<b>3/4"</b>	<b>2.00</b>
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
4"	0.20

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

### Cálculo del Contenido de Agua:

- Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 1.90 cm

- De la tabla N<sup>o</sup> 15:

Sabemos que el Slump, es: 3-4.

El T.M.N del agregado grueso, es: 1.90 cm

Entonces Contenido de agua es:

**a = 205 Lt.**

El contenido de agua se realiza mediante la intersección del asentamiento por tamaño máximo nominal.

Tabla N<sup>o</sup> 15: Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Agua en L/m <sup>3</sup> , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicada								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

Cálculo de la relación agua cemento: por resistencia F'c

Sabemos que el F'c, es: 210kg/cm<sup>2</sup>

Entonces, calculamos interpolando los datos según la resistencia obtenida:

De la tabla N<sup>o</sup> 16:

200	210	250
0.7	x	0.62

Entonces a/c = 0.684

Según la NTP la relación agua cemento para un concreto de F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, es 0.684.

Tabla N<sup>o</sup> 16: Relación agua cemento por resistencia

Relación agua / cemento en peso		
F'c Kg/cm <sup>2</sup>	Concretos sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	207
200	0.7	208
250	0.62	209
300	0.55	210
350	0.48	211
400	0.43	212
450	0.38	213

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

### Cálculo de contenido de cemento:

- Sabemos que: a/c = 0.684
- Dato: a = 205 Lt.
- Reemplazando: 205 / c,
- Entonces: c = 299.708 Kg
- Factor Cemento: C / Peso de Cemento

Entonces:

Factor C = 7.05 bls/m<sup>3</sup>.

### Cálculo del peso del agregado grueso:

Peso del agregado grueso =  $\left(\frac{b}{b_c}\right) \times \text{Peso U.S. C}$

Donde:

b: Módulo de Fineza del agregado fino

bo: Tamaño Máximo Nominal de agregado fino

u.s.c: Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso

De la Tabla N° 17:

Sabemos que el módulo de fineza de A.F., es: **2.80**

El Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso, es:  $\frac{3}{4}$ "

$$0.63 \left( \frac{b}{b_c} \right)$$

P.A.G = Entonces:

$$P.A.G = 996.66 \text{ Kg}$$

2.60	0.64
2.80	X
2.80	0.62

Interpolando Entonces  $b/b_o = 0.62$

Tabla N° 17: Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

<b>PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO</b>				
Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b <sub>o</sub> )				
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>
3/8"	0.50	0.48	0.48	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	<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: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

### Calculo de Volúmenes Absolutos:

- Cemento:

$$\text{Vol. Abs. cemento} = (\text{Factor del cemento}) / (\text{Peso Específico del cemento} \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. cemento} = (299.708) / (3.08 \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. cemento} = (299.708) / (3080)$$

$$\text{Vol. Abs. cemento} = 0.097 \text{ m}^3$$

- Agregado Fino:

$$\text{Vol. Abs. AF} = (\text{Cant. AF} \times \text{P. Unit. Compac. Sc. AF}) / (\text{P. Espec. Mas. Sc. AF} \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. AF} = (0.62 \times 1806) / (2.76 \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. AF} = (1119.72) / (2760)$$

$$\text{Vol. Abs. AF} = 0.406 \text{ m}^3$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Vol. Abs. AG} = (\text{Cant. AF} \times \text{P. Unit. Compac. Sc. AG}) / (\text{P. Espec. Mas. Sc. AG} \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. AG} = (0.62 \times 1551) / (2.85 \times 1000)$$

$$\text{Vol. Abs. AG} = (961.62) / (2850)$$

$$\text{Vol. Abs. AG} = 0.337 \text{ m}^3$$

- Agua:

$$\text{Vol. Abs. Agua} = (\text{Vol. Unit. De Agua de mezclado}) / (1000)$$

$$\text{Vol. Abs. Agua} = (205) / (1000)$$

$$\text{Vol. Abs. Agua} = 0.205 \text{ Lts/m}^3$$

- Aire:

$$\text{Vol. Abs. Aire} = (\text{Contenido Total de aire}) / (100)$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = (2) / (100)$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.020 \%$$

Tabla N<sup>o</sup> 18: Volúmenes Absolutos de Agregados

Cemento	0.097 m <sup>3</sup>
A. Fino	0.406 m <sup>3</sup>
A. Grueso	0.338 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 Lts/m <sup>3</sup>
Aire	0.020 %

Fuente: Elaboración propia

### Calculo de Pesos Secos:

- Cemento:

$$\text{Peso Sec. cemento} = (\text{Factor del cemento}) / (1)$$

$$\text{Peso Sec. cemento} = (299.708) / (1)$$

$$\text{Peso Sec. cemento} = 299.708 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agregado Fino:

$$\text{Peso Sec. AF} = (\text{Vol. Abs. AF} \times \text{P. Unit. Compac. Sc. AF} \times 1000)$$

$$\text{Peso Sec. AF} = (0.406 \times 2.76 \times 1000)$$

$$\text{Peso Sec. AF} = 1048.236 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Peso Sec. AG} = (\text{Vol. Abs. AG} \times \text{P. Unit. Compac. Sc. AG} \times 1000)$$

$$\text{Peso Sec. AG} = (0.337 \times 2.85 \times 1000)$$

$$\text{Peso Sec. AG} = 855.519 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agua:

$$\text{Peso Sec. Agua} = (\text{Vol. Unit. de agua de mezcl.})$$

$$\text{Peso Sec. Agua} = 205 \text{ Lts/ m}^3$$

Tabla N<sup>o</sup> 19: *Peso secos de Agregados*

Cemento	299.708 Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	1120.560 Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	960.450 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	205 Lts/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### Corrección de Pesos por Humedad:

- Cemento:

$$\text{Peso Correg. Hum. cemento} = (\text{Factor del cemento})$$

$$\text{Peso Correg. Hum. cemento} = (299.708)$$

$$\text{Peso Correg. Hum. cemento} = 299.708 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agregado Fino:

$$\text{Peso Correg. Hum. AF} = (\text{Peso Sec. AF}) \times (1 + (\text{Cont. Hum. AF} / 100))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AF} = (1048.236) \times (1 + (0.73 / 100))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AF} = (1048.236) \times (1.0073)$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AF} = 1055.888 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Peso Correg. Hum. AG} = (\text{Peso Sec. AG}) \times (1 + (\text{Cont. Hum. AG} / 100))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AG} = (855.519) \times (1 + (0.71 / 100))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AG} = (855.519) \times (1.0071)$$

$$\text{Peso Correg. Hum. AG} = 861.593 \text{ Kg/ m}^3$$

- Agua:

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = (\text{Peso Sec. Agua}) - ((\text{Cont. Hum. AF} - \text{Abs. AF} / 100) \times (\text{Peso Sec. AF}) + (\text{Cont. Hum. AG} - \text{Abs. AG} / 100) \times (\text{Peso Sec. AG}))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = (205) - ((0.73 - 0.70 / 100) \times (1127.868) + (0.71 - 0.57 / 100) \times (968.032))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = (205) - ((0.0003) \times (1127.868) + (0.0014) \times (968.032))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = (205) - ((0.338) \times (1.355))$$

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = (205) - (1.651)$$

$$\text{Peso Correg. Hum. Agua} = 203.349 \text{ Lts/ m}^3$$

*Tabla Nª 20: Peso Corregidos por Humedad de Agregados*

Cemento	299.708	Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	861.593	Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	1055.888	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	203.349	Lts/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### **Proporciones en Pesos:**

*Tabla Nª 21: Proporciones en Peso de Agregados*

Cemento	299.708 / 299.708 = 1.00	Kg
Agua Efectiva	203.349 / 1.00 = 203.349	Lts
Agregado Fino	861.593 / 299.708 = 2.88	Kg
Agregado Grueso	1055.888 / 299.708 = 3.52	Kg

Fuente: Elaboración propia

### **Calculo de Proporciones en Volumen:**

- Cemento:

$$\text{Vol. Cemento} = (\text{Factor del cemento}) / (\text{Peso de 1 Bls. de Cemento})$$

$$\text{Vol. Cemento} = (299.708) / (42.50)$$

$$\text{Vol. Cemento} = 7.052 / 7.052 = 1 \text{ m}^3$$

- Agregado Fino:

$$\text{Vol. AF} = (\text{Peso Sec. AF} / \text{Peso Unit. Suelto Sec. AF}) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AF} = (1048.236 / 1614) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AF} = (0.529) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AF} = (18.688) / (7.052) = 2.65 \text{ m}^3$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Vol. AG} = (\text{Peso Sec. AF} / \text{Peso Unit. Suelto Sec. AF}) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AG} = (855.519 / 1393) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AG} = (0.753) \times (35.31)$$

$$\text{Vol. AG} = (26.586) / (7.052) = 3.77 \text{ m}^3$$

- Agua:

$$\text{Vol. Agua} = (\text{Vol. agua} / 1)$$

$$\text{Vol. Agua} = (203.349 / 1)$$

$$\text{Vol. Agua} = (203.349) / (7.052) = 28.84 \text{ Lts/Blts}$$

Tabla N<sup>o</sup> 22: Proporciones en Volumen

Cemento	1.00	m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	28.84	Lts
Agregado Fino	2.65	m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	3.77	m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de Cantidad de Material en Laboratorio:

Calculo del volumen de una probeta cilíndrica de concreto:

Figura N<sup>o</sup> 07: Molde Cilíndrico de Concreto.

$$\text{Vol} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$\text{Vol} = \pi \cdot (0.075)^2 \cdot (0.30)$$

$$\text{Vol} = 0.0053 \text{ m}^3$$



Fuente: Aceros Arequipa.

Para lo cual se concluye que en una probeta cilíndrica de concreto ingresara 0.0053 m<sup>3</sup> de mezcla de concreto.

Según la tabla 19, se tiene los valores de diseño corregido por m<sup>3</sup> de mezcla de concreto.

Para lo cual se desarrolla la siguiente regla de tres simples, para el cemento:

$$299.708 \text{ Kg} \rightarrow 1\text{m}^3$$

$$X \text{ Kg} \rightarrow 0.0053 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$X = (299.708 \text{ Kg} \times 0.0053 \text{ m}^3) / (1 \text{ m}^3) = 1.588 \text{ Kg}$$

Para la obtención de los demás resultados, repetimos el proceso.

*Tabla N<sup>o</sup> 23: Cantidad Unitaria de material en Laboratorio.*

Cemento	299.708 x 0.0053	= 1.588	Kg
Agua Efectiva	203.349 x 0.0053	= 1.077	Lts
Agregado Fino	861.593 x 0.0053	= 4.566	Kg
Agregado Grueso	1055.888 x 0.0053	= 5.596	Kg

Fuente: Elaboración propia

*Tabla N<sup>o</sup> 24: Cantidad Total de Material en Laboratorio.*

Cemento	1.588 x 9	= 14.29	Kg
Agua Efectiva	1.077 x 9	= 9.69	Lts
Agregado Fino	4.566 x 9	= 41.09	Kg
Agregado Grueso	5.596 x 9	= 51.26	Kg

Fuente: Elaboración propia

## **Evaluación de la Resistencia a la Compresión**

### **Resultados de ensayo a los 7 días de curado**

Posterior a los 7 días de la elaboración de las probetas de concreto, se extrajo 3 probetas patrón y 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt y se dejó expuestas para su secado por 24 horas,

posteriormente se efectuó el ensayo de resistencia a la compresión mediante ruptura en la prensa hidráulica, obteniendo los siguientes resultados:

*Tabla N°25: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 7 días de curado.*

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	
1	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	15/03/2021	7	192.77	193.68
2	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	15/03/2021	7	193.43	
3	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	15/03/2021	7	193.93	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

En la Tabla N° 25, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas patrón, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 193.68 Kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 26: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 7 días de curado.*

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	
1	Experimental	3.6	08/03/2021	15/03/2021	7	219.81	221.22
2	Experimental	3.6	08/03/2021	15/03/2021	7	223.52	
3	Experimental	3.6	08/03/2021	15/03/2021	7	220.33	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

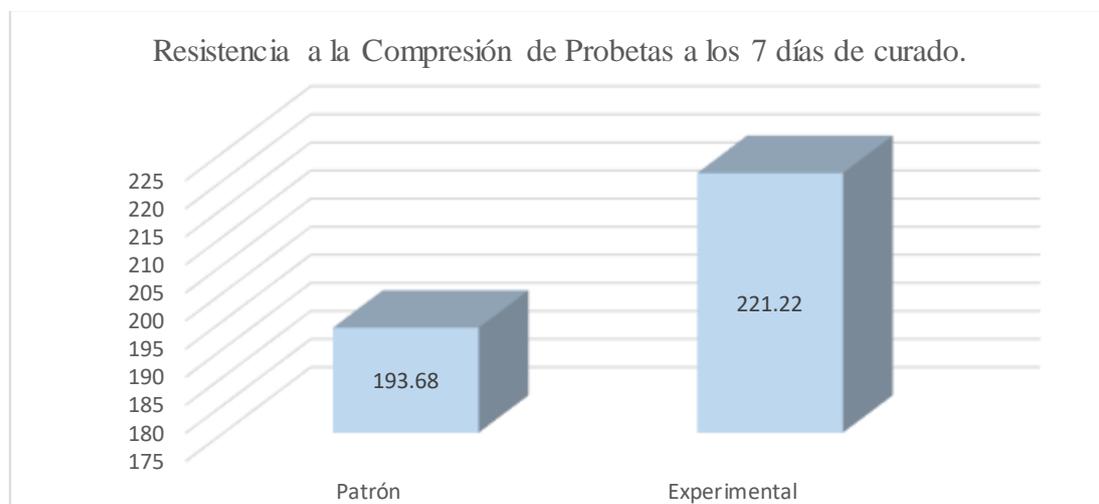
En la Tabla N° 26, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 221.22 Kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 27: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 7 días de curado.*

Días de curado	Testigo de Concreto (Kg/cm2)	
	Patrón	Experimental
7 días de curado	193.68	221.22

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°08: Resistencia a la compresión (7 días).



Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura N°07, se deduce que las resistencias obtenidas tanto para las probetas del concreto experimental aumentan considerablemente su resistencia al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, según parámetros establecidos en la norma, la cual señala que a los 7 días la resistencia del concreto debe estar entre 60% - 65%.

Como resultado del concreto patrón se tiene un  $f'c = 193.68 \text{ Kg/cm}^2$  el cual está dentro de los parámetros, asimismo según el gráfico se aprecia que al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt se obtuvo un  $f'c = 221.22 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje a un 105.34 %.

### Resultados de ensayo a los 14 días de curado

Posterior a los 14 días de la elaboración de las probetas de concreto, se extrajo 3 probetas patrón y 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt y se dejó expuestas para su secado por 24 horas, posteriormente se efectuó el ensayo de resistencia a la compresión mediante ruptura en la prensa hidráulica, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 14 días de curado.

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	Kg/cm2
4	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	22/03/2021	14	219.88	
5	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	22/03/2021	14	223.30	222.64
6	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	22/03/2021	14	224.73	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

En la Tabla N° 28, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas patrón, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 222.64 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 29: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 14 días de curado.

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	Kg/cm2
4	Experimental	3.6	08/03/2021	22/03/2021	14	242.53	
5	Experimental	3.6	08/03/2021	22/03/2021	14	242.15	242.77
6	Experimental	3.6	08/03/2021	22/03/2021	14	243.64	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

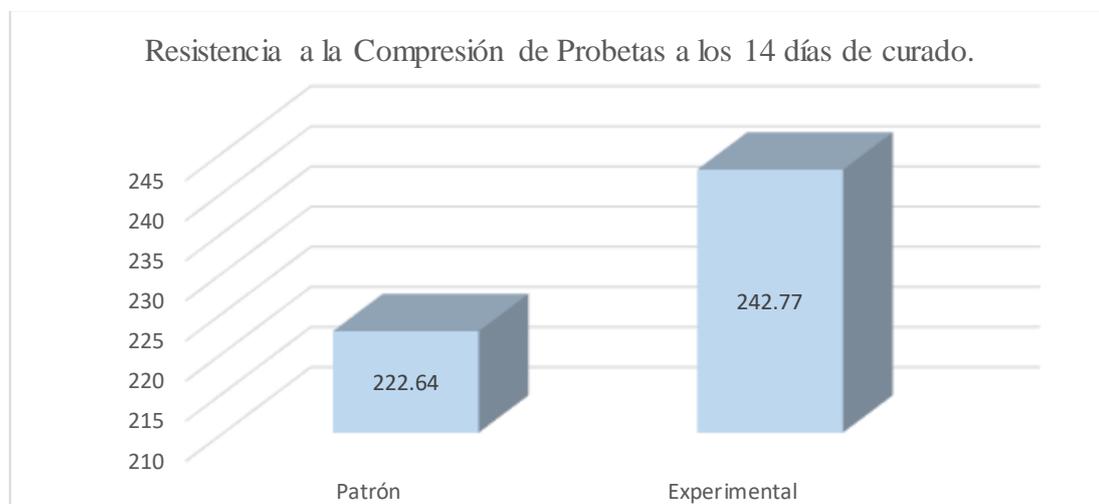
En la Tabla N° 29, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 242.77 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 30: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 14 días de curado.

Días de curado	Testigo de Concreto (Kg/cm2)	
	Patrón	Experimental
14 días de curado	222.64	242.77

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°09: Resistencia a la compresión (14 días).



Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura N°08, se deduce que las resistencias obtenidas tanto para las probetas del concreto experimental aumentan considerablemente su resistencia al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, según parámetros establecidos en la norma, la cual señala que a los 14 días la resistencia del concreto debe estar entre 80% - 90%.

Como resultado del concreto patrón se tiene un  $f'c = 222.64 \text{ Kg/cm}^2$  el cual está dentro de los parámetros, asimismo según el gráfico se aprecia que al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt se obtuvo un  $f'c = 242.77 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje a un 115.60 %.

### Resultados de ensayo a los 28 días de curado

Posterior a los 28 días de la elaboración de las probetas de concreto, se extrajo 3 probetas patrón y 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt y se dejó expuestas para su secado por 24 horas, posteriormente se efectuó el ensayo de resistencia a la compresión mediante ruptura en la prensa hidráulica, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 31: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Patrón a los 28 días de curado.

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	Kg/cm2
7	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	05/04/2021	28	244.52	
8	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	05/04/2021	28	237.02	241.30
9	Concreto Patrón	3.2	08/03/2021	05/04/2021	28	242.37	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

En la Tabla N° 31, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas patrón, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 241.30 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 32: Resultados del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto Experimental a los 28 días de curado.

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	Promedio
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	Kg/cm2
7	Experimental	3.6	08/03/2021	05/04/2021	28	258.35	
8	Experimental	3.6	08/03/2021	05/04/2021	28	261.45	259.44
9	Experimental	3.6	08/03/2021	05/04/2021	28	258.52	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote.

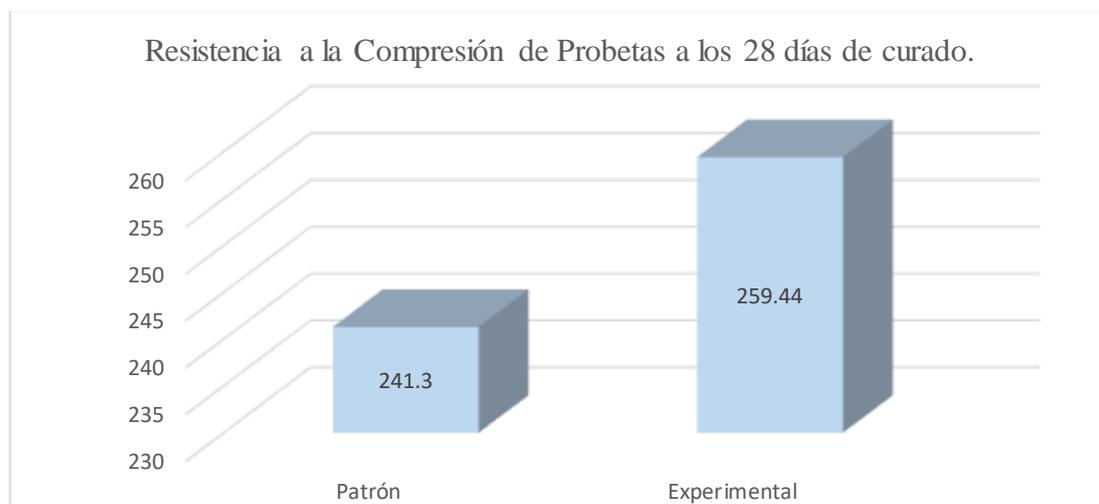
En la Tabla N° 32, se determinó la resistencia a la compresión de las 3 probetas con agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, por medio de la fuerza aplicada sobre el área de la probeta de manera uniforme mediante la prensa hidráulica, teniendo como resultado el F'c promedio de 259.44 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 33: Resultados Finales del Ensayo Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto a los 14 días de curado.

Días de curado	Testigo de Concreto (Kg/cm2)	
	Patrón	Experimental
28 días de curado	241.30	259.44

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 10: Resistencia a la compresión (28 días).



Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura N°10, se deduce que las resistencias obtenidas tanto para las probetas del concreto experimental aumentan considerablemente su resistencia al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt, según parámetros establecidos en la norma, la cual señala que a los 28 días la resistencia del concreto debe alcanzar el 100%.

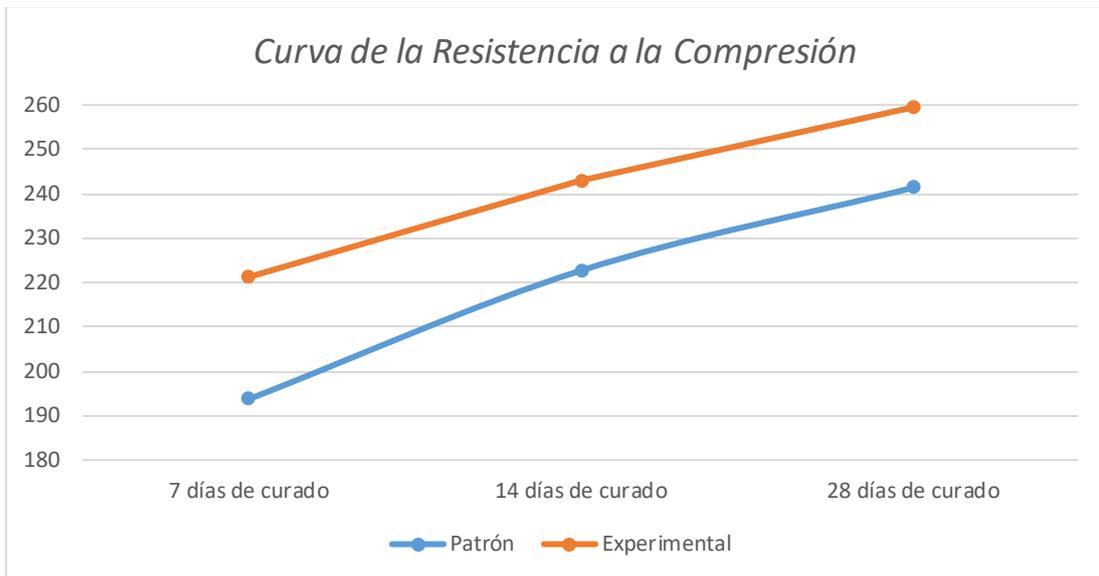
Como resultado del concreto patrón se tiene un  $f'c = 241.30 \text{ Kg/cm}^2$  el cual está dentro de los parámetros, asimismo según el grafico se aprecia que al sustituir el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt se obtuvo un  $f'c = 259.44 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje a un 123.54 %.

Tabla 34: Resumen de los Ensayos a la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto.

Días de curado	Testigo de Concreto (Kg/cm2)	
	Patrón	Experimental
7 días de curado	193.68	221.22
14 días de curado	222.64	242.77
28 días de curado	241.30	259.44

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 11: Curva de la Resistencia a la Compresión de las Probetas de Concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura N°10, se deduce que las probetas del concreto patrón se desarrollaron de tal manera que llegaron a alcanzar una resistencia de  $f'c = 241.30 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días representando un porcentaje de 114.90% de la resistencia requerida, para el caso del concreto con el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt llega a superar la resistencia requerida a los 7 días de curado con un  $f'c = 221.22 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje de 105.34 % de la resistencia requerida

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados obtenidos de las probetas ensayadas en el Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Chimbote, nos dan un amplio margen de discusión de resultados, todas cuentan con el control y procedimiento según norma, siendo directamente proporcionales el peso de la probeta ensayada con su resistencia a través de las diferentes edades 7, 14 y 28 días. Es por ello que los resultados de las resistencias van de acuerdo a lo trabajado tanto en gabinete como en campo. Se cumplió con el curado bajo agua potable según el tiempo estipulado, asimismo se corrobora que cumplen con los requisitos mínimos bajo teoría que para los 7 días de curado la resistencia debe estar en 65% llegándose a establecer un 92.23% para las probetas patrón y un 105.34% para las probetas experimentales respectivamente. También para el curado a los 14 días la resistencia es un 90% del total aproximadamente, nos damos cuenta que para las probetas patrón está en un 106.02% y para las experimentales en un 115.60% de su resistencia a esa edad. A los 28 días la resistencia es el 100% del total aproximadamente, donde se obtuvo un 114.29% para las probetas patrón y 123.54% para las probetas experimentales respectivamente, con lo cual se puede concluir que, se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón y experimentales superando significativamente lo estipulado en la norma.

Según los resultados obtenidos en esta investigación no guardan relación con la investigación desarrollada por Abad y Tous, donde señala que la utilización de agua de río no es óptima en la mezcla de concreto por lo cual obtuvo como resultado concreto de mayor resistencia a los 28 días de 84.01% para un concreto de 3000 psi ( $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ) y 78.81% para un concreto de 4000 psi ( $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ).

Según los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que la sustitución con el agua de Río Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna a un concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , incrementa la resistencia a la compresión ratificando los resultados de la tesis de Ramos, ya que al adicionar el 1.5% de mucilago incrementa la resistencia a la compresión a los 14 días del curado en un +3.78% y 28 días del curado en un +18.05%.

Según los resultados obtenidos en esta investigación la sustitución con el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna no guardan relación con la investigación realizada por Bulnes, la cual indica que la resistencia a los 28 días de curado con adición de 10% de mucilago de Nopal en morteros se vio reducida según su muestra patrón llegando así a disminución de 11.01%, producido por los efectos del pH y a los elementos químicos del mucilago de Nopal.

## V. CONCLUSIONES

- Se obtuvieron resultados exitosos teniendo como base a las probetas elaboradas con agua potable, ya que estas estuvieron dentro del rango, las probetas elaboradas con agua de Rio Negro clarificadas con mucilago de tuna obtuvieron mejores resultados superando al patrón ya que esta pasta natural de mucilago incrementa los tiempos de fraguado, disminuye la absorción de agua y aumenta la resistencia a la compresión; actuando como un aditivo natural; con los resultados obtenidos llega a superar los 210 kg/cm<sup>2</sup> en 7 días solamente.
- Para un concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con una dosificación de 1/2.65/3.77/28.84, y una relación agua/cemento de 0.684 se realizó el diseño de mezcla con los agregados de la cantera Rubén, obteniendo los siguientes resultados, un módulo de fineza de 2.80, el tamaño máximo del agregado grueso es de 3/4”.
- La sustitución con el agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna con una proporción de 1.5 gr/Lt llevo a su superar la resistencia requerida a los 28 días de curado con un  $f'c = 259.44 \text{ Kg/cm}^2$  representando un porcentaje de 123.54 %, esto se debe a que el Mucilago de Tuna actúa como un polímero natural el cual permite que el agua extraída del Rio Negro modificando su pH de ácido a alcalino, asimismo permite que los componentes que conforman esta mezcla se adhieran creando así una mezcla uniforme.
- La aplicación del agua de Rio Negro – Olleros, clarificada con Mucilago de Tuna desarrolla una mezcla de concreto con altas resistencias a la compresión, debido que el pH alcalino reduce la carbonatación natural de la mezcla del concreto, obteniendo así un concreto con una baja permeabilidad, lo cual genera altas resistencias y a su vez protege al acero de refuerzo contra agentes corrosivos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a futuras investigaciones a darle mayor énfasis a la aplicación del mucilago de tuna como clarificante de los demás ríos ubicados en nuestra nación y brindar un mayor alcance de como este aditivo puede convertirse en un gran aliado para la construcción de estructuras de concreto.
- Se recomienda a los entes regionales y locales a industrializar el mucílago de tuna, para propagar mayor trabajo a los habitantes productores de tuna y mejorar la industria de la construcción, creando así un aditivo natural ecológico. De este modo ofrecer charlas acerca de la composición de la tuna, para así prevenir desperdiciar los troncos de la tuna y las hojas en el periodo de poda.
- Se recomienda a los futuros tesisistas meticulosidad en el desarrollo de arrancamiento del mucilago de tuna ya que cualquier cambio altera su composición. De la misma forma tener cuidado al instante de recoger las hojas de tuna, podrán hacer con guantes y así evitar el contacto con las espinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amaya, J. (2009). *Cultivo de la Tuna (Opuntia Ficus)*. Trujillo: Gerencia Regional Agraria La Libertad.
- Campero, M. (2009). *Ingenieria de Construccion, Quinta Edicion*. Chile: Ricuc.
- Cruz, F. (2006). *Ordenamiento Territorial Instrumento de: Desarrollo del Turismo Sostenible. Caso: Cuenca del Rio Negro Olleros-Huaraz*. Huaraz.
- Del Castillo, H. (2010). *Ingenieria de Suelos, Primera Edicion*. Mexico: Limusa.
- Do Lago, P. (2014). *Estructuras de Concreto, Seccion Colombiana ACI*. Colombia: ACI.
- Juarez, E. (2008). *Mecanica de Suelos, Novena Edicion*. Mexico: Limusa.
- Sánchez, D. (2010). *Tecnologia de Concreto, Tercera Edicion*. Colombia: Lemoine Editores.
- Abanto C., Flavio (2017). En Tecnología del Concreto.
- Agreda, T. & Magin, K. (2012). *Mecanica de Suelos. Trabajo especial de grado*. Universidad Oriente, Venezuela.
- Águila, I. & Sosa, M., (2011). *Ingeniería de Construcción*.
- Salas, J., Castillo, P., Sánchez, I. & Veras, J. (2011). *Cultivo de la Tuna (Opuntia ficus)*.
- Rodríguez Álvaro Roberto (2014). En su trabajo de fin de grado: “Ordenamiento territorial instrumento de: desarrollo del turismo sostenible. Caso: cuenca del rio negro - olleros – Huaraz”.
- Ruiz, A. (2016). En su tesis: “Estructuras de concreto, sección colombiana ACI.”
- Juárez, E. (2013) *Influencia de la carbonatación en morteros de cemento Pórtland*

## **ANEXOS Y APENDICE**

A continuación, se presentarán los siguientes anexos:

- Anexo N°01: Informe de Ensayo de Agua del Río Negro Olleros clarificada con 1.50 gr. de Mucilago de Tuna.
- Anexo N°02: Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro Sede Principal.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N°LE- 046

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20171018-018**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : JULIO CESAR CASTILLO SOLANO.  
DIRECCIÓN : AA.HH. La Primavera Av. Abancay Mz. K Lote 13B Chimbote.  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 06 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-10-18  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-10-18  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-10-20  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 171018-6

**RESULTADOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	M - 1
(*) Sulfatos (mg/L)	12
Cloruros (mg/L)	11
(*) pH	2,76
(*) Materia Orgánica (mg/L)	<5
Sólidos Totales (mg/L)	445
(*) Carbonatos (mg/L)	<1
(*) Bicarbonatos (mg/L)	<1

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

(\*\*) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

Sulfatos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 4500 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed.2012. pH Value. Electrometric Method.

Cloruros : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 22nd Ed.2012 .Chloride. Argentometric Method.

Sólidos Totales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C

Materia Orgánica : Método del permanganato de potasio.

Carbonatos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 2320

Bicarbonatos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 2320

Materia Orgánica : Protocolo de Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor (R.M. N° 003 – 2002 – PE, 2002 – 04 – 13 ).

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 21 del 2017.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20210614-011**

Pag. 1 de 1

SOLICITADO POR : JULIO CESAR CASTILLO SOLANO.  
DIRECCIÓN : AA.HH. La Primavera Av. Abancay Mz. K Lote 13B Chimbote.  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RIO C/MUC.TUNA.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-06-16  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-06-16  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-06-14  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 210614-4

**RESULTADOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	M - 1
(*) pH	9.23
Turbidez	<10NTU

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

(\*\*) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 21 del 2021

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos<sup>17</sup>  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL

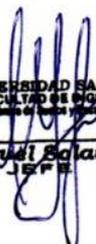
SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 05/05/2021

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm <sup>2</sup>	(%)
01	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	15/03/2021	7	219.81	104.67
02	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	15/03/2021	7	223.52	106.44
03	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	15/03/2021	7	220.33	104.92
04	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	22/03/2021	14	242.53	115.49
05	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	22/03/2021	14	242.15	115.31
06	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	22/03/2021	14	243.64	116.02
07	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	05/04/2021	28	258.35	123.02
08	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	05/04/2021	28	261.45	124.50
09	EXPERIMENTAL	3,6	08/03/2021	05/04/2021	28	258.52	123.10

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Salar Jara**  
JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 05/05/2021

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	( " )	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm <sup>2</sup>	(%)
01	PATRON	3,2	08/03/2021	15/03/2021	7	192.77	91.80
02	PATRON	3,2	08/03/2021	15/03/2021	7	193.43	92.11
03	PATRON	3,2	08/03/2021	15/03/2021	7	193.93	92.35
04	PATRON	3,2	08/03/2021	22/03/2021	14	219.88	104.71
05	PATRON	3,2	08/03/2021	22/03/2021	14	223.30	106.33
06	PATRON	3,2	08/03/2021	22/03/2021	14	224.73	107.02
07	PATRON	3,2	08/03/2021	05/04/2021	28	244.52	116.44
08	PATRON	3,2	08/03/2021	05/04/2021	28	237.02	112.87
09	PATRON	3,2	08/03/2021	05/04/2021	28	242.37	115.41

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

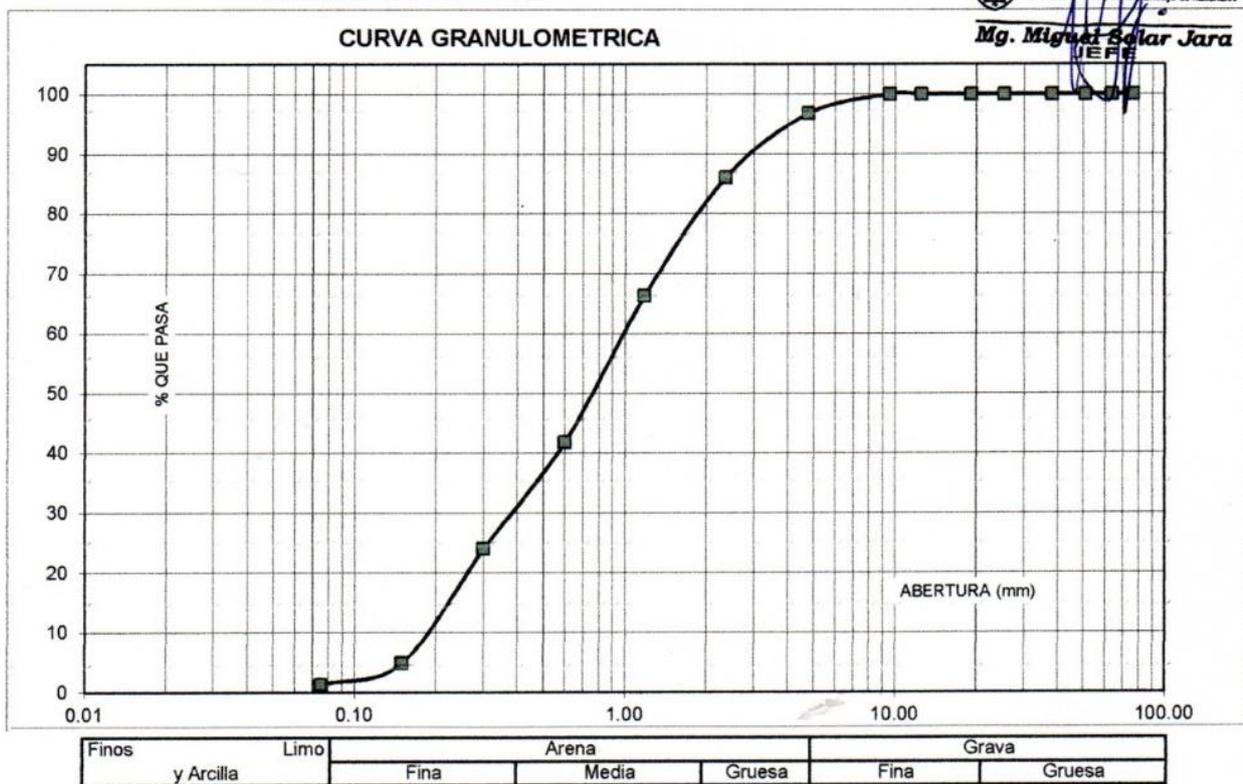
SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
 CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 05/05/2021

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	27.0	3.2	3.2	96.8
N° 8	2.36	89.6	10.7	13.9	86.1
N° 16	1.18	166.0	19.8	33.7	66.3
N° 30	0.60	205.0	24.4	58.1	41.9
N° 50	0.30	150.0	17.9	76.0	24.0
N° 100	0.15	160.0	19.1	95.1	4.9
N° 200	0.08	30.0	3.6	98.7	1.3
PLATO	ASTM C-117-04	11.1	1.3	100.0	0.0
TOTAL		<b>838.7</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.80

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solari Jara  
 JEFE





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

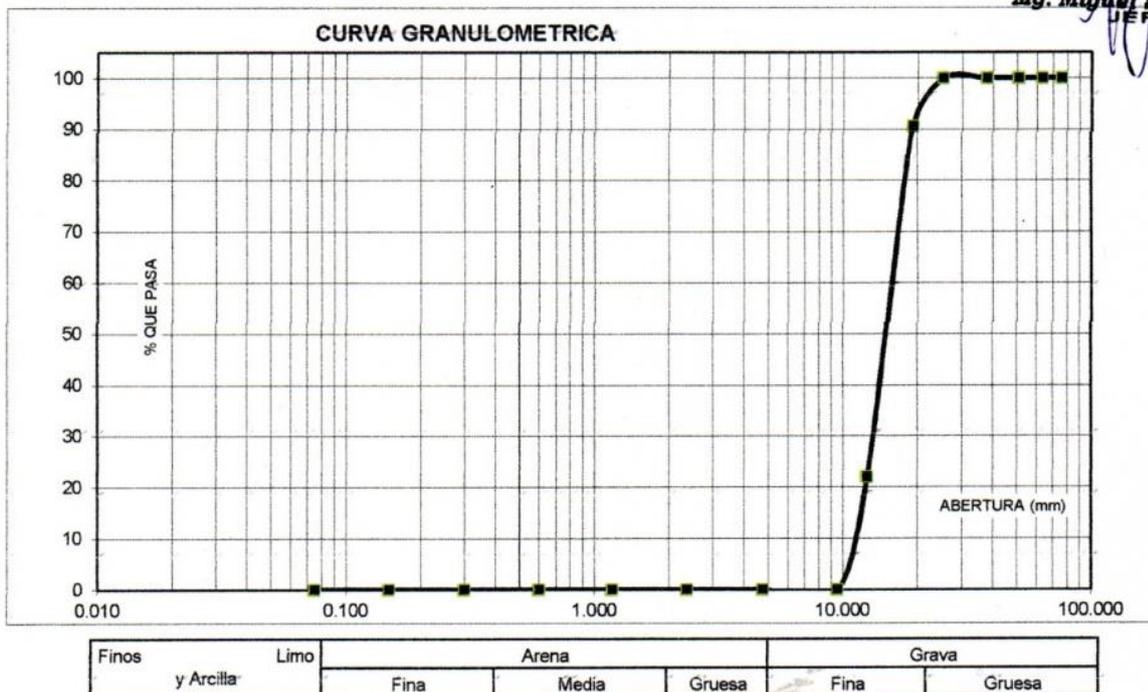
SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
 CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS - HUARAZ.  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 05/05/2021

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	85.6	9.4	9.4	90.6
1/2"	12.500	625.3	68.5	77.9	22.1
3/8"	9.520	201.3	22.1	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		912.2	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE





**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCILAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS - HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 05/05/2021

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7786	7745	7780
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4486	4445	4480
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1631	1616	1629
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1626		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1614</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8340	8345	8225
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	5040	5045	4925
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1833	1835	1791
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1819		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1806</b>		

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 05/05/2021

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18100	18065	18120
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	13050	13015	13070
Volumen de molde	9300	9300	9300
Peso unitario ( Kg/m3 )	1403	1399	1405
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )	1403		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1393		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19600	19570	19560
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	14550	14520	14510
Volumen de molde	9300	9300	9300
Peso unitario ( Kg/m3 )	1565	1561	1560
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )	1562		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1551		

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Los Mochis de S. Pedro y S. Pablo de Huancayo  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 05/05/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1444.50	1390.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	939.90	905.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	504.60	485.50
D	Peso de material seco en estufa	1436.40	1382.90
E	Volumen de masa (C-(A-D))	496.50	477.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.847	2.848
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.863	2.865
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.893	2.896
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.56	0.58

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.848  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.864  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.895  
Absorción (%) : 0.57

  
 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Soler Jara**  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 05/05/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	653.00	654.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) cm <sup>3</sup>	953.00	954.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	845.00	846.00
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D) cm <sup>3</sup>	108.00	108.00
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.70	298.10
G	Volumen de masa (E-(A-F))	105.70	106.10
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.756	2.760
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.778	2.778
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.816	2.810
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.77	0.64

**P.e. Bulk (Base Seca) : 2.758**  
**P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.778**  
**P.e. Aparente (Base Seca) : 2.813**  
**Absorción (%) : 0.70**

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Los Héroes de Ayacucho - Chiclayo**  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
**JEFE**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 05/05/2021

PRUEBA N°	01	02	
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	906	1363	
TARA + SUELO SECO (gr)	900	1355	
PESO DEL AGUA (gr)	6	8	
PESO DE LA TARA (gr)	70	205	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	830	1150	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.72	0.70	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.71	

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

( ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 05/05/2021

PRUEBA N°	01	02	
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	362	492.3	
TARA + SUELO SECO (gr)	360	490	
PESO DEL AGUA (gr)	2.0	2.3	
PESO DE LA TARA (gr)	65	195	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	295	295	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	0.78	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.73	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH: DEL CASTILLO SOLANO JULIO CESAR  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO AGUA DE RÍO NEGRO, CLARIFICADA  
 CON MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS), OLLEROS – HUARAZ.  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 05/05/2021

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.-Agregado Fino :**

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.76
- Peso unitario suelto 1614 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1806 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.73 %
- Absorción 0.70 %
- Módulo de fineza 2.80

**D.- Agregado grueso**

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1393 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1551 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.71 %
- Absorción 0.57 %



**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño maximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. :  $205 / 0.684 = 299.71 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento.....	299.708	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	203.349	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	861.593	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1055.888	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{861.593}{299.71} : \frac{1055.89}{299.71}$$

$$1 : 2.88 : 3.52 : 28.84 \text{ lts / bolsa}$$

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$1 : 2.65 : 3.77 : 28.84 \text{ lts / bolsa}$$

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 D.E.F.E.