

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO CONVENCIONAL TENIENDO COMO
VARIABLE EL AGUA UTILIZADA EN EL MEZCLADO**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS, SISMOLOGÍA Y CONCRETO

AUTORES : BACH. CRUZADO GUEVARA, JORGE LUIS
BACH. LI ZAVALA, MARCELO

ASESOR : MS. DURAND ORELLANA, ROCÍO DEL PILAR

TRUJILLO – PERÚ

2015

FIRMAS DE JURADO Y ASESOR

Ing. Huertas Polo, José Sebastián
PRESIDENTE

Ing. Ochoa Zevallos, Rolando
SECRETARIO

Ing. Hurtado Zamora, Oswaldo
VOCAL

Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar
ASESOR

DEDICATORIA

Principalmente quiero darle gracias a DIOS por haberme guiado en este camino tan largo y difícil pero a la vez satisfactorio que fue mi carrera universitaria, también quiero agradecerle a mi madre por siempre haberme apoyado en esta etapa de mi vida, brindándome su comprensión y cariño, además a mi padre, a mi hermano y a mi familia, que en todo momento me apoyaron para que cumpliera esta meta en mi vida.

JORGE LUIS CRUZADO GUEVARA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, a mis queridos padres y hermano que siempre me brindan su apoyo incondicional y saben aconsejarme, especialmente en los momentos difíciles. A Nicole que siempre me motiva a ser una mejor persona y un gran profesional y a todas las personas que directa o indirectamente han hecho posible el desarrollo de esta tesis.

MARCELO LI ZAVALETA

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación, se trabajó en la comparación de las resistencias a compresión de testigos de concreto $f'c=210$ kg/cm², elaborados con diferentes tipos de agua (potable, de río y del subsuelo), utilizando cemento Pacasmayo Extraforte y agregados de la cantera “Gelacho” – Laredo para determinar su comportamiento mecánico y como este varia. Para llevar a cabo este proyecto se elaboraron y ensayaron cilindros de concretos a edades de 7, 14 y 28 días con el fin de analizar los distintos resultados y así poder compararlos con los límites que permite la norma. Al agua se le hicieron estudios físico-químicos para determinar el tipo de sustancias o agentes contaminantes se encontraban en está para tener una idea de los efectos que produciría en la resistencia del concreto, los agregados se caracterizaron y se determinaron sus propiedades físicas.

Seguido a esto se hizo el ensayo de manejabilidad (asentamiento) para medir la consistencia del concreto fresco, se fabricaron las probetas de concreto variando el tipo de agua utilizada en diseños de mezcla para 210 kg/cm² y por último se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión para corroborar si los cilindros llegaban a las resistencias esperadas y que variación existe entre estos de acuerdo al agua utilizada.

Los resultados, indican que el agua subterránea obtuvo la mayor resistencia, alcanzando la resistencia promedio de 238 kg/cm², el agua potable alcanzó la resistencia promedio de 226 kg/cm², mientras que la resistencia obtenida utilizando el agua de río Moche fue de 186 kg/cm², siendo esta la opción menos apropiada a utilizar en concretos sin previo tratamiento.

ABSTRACT

In this research project, working on comparing the compressive strength of concrete witnesses $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, made with different types of water (drinking, river and groundwater), using Pacasmayo cement Extraforte and aggregates quarry "Gelacho" - Laredo to determine its mechanical behavior and how this varies. To carry out this project were developed and tested concrete cylinders ages 7, 14 and 28 days in order to analyze the different results so you can compare them to the limits permitted by the standard. Water it became physical-chemical studies to determine the type of substances or pollutants were in this to get an idea of the impact it would have on the strength of concrete, aggregates were characterized and their physical properties were determined.

Following this test handling (settlement) was to measure the consistency of fresh concrete, concrete specimens were produced by varying the type of water used in mix designs to 210 kg / cm^2 and finally strength tests were performed to corroborate the understanding reached cylinders if the expected resistance and variation between these according to the water used.

The results will indicate that groundwater had the highest resistance, reaching the average strength of 238 kg / cm^2 , the water reached the average strength of 226 kg / cm^2 , while the resistance obtained using water Moche river was 186 kg / cm^2 , and this is the least appropriate option to use in concrete without treatment.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	01
2. MARCO TEÓRICO.....	03
2.1 ANTECEDENTES.....	03
2.2 FUNDAMENTACION TEORICA.....	07
2.2.1 CONCRETO.....	07
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	08
2.2.2.1 Cemento Portland.....	09
2.2.2.2 El Agua.....	13
2.2.2.3 Agregados.....	16
2.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	23
2.2.3.1 Concreto en estado fresco.....	23
2.2.3.2 Concreto en estado endurecido.....	24
2.2.3.3. Factores que inciden en la resistencia.....	25
2.2.4 NORMAS TECNICAS.....	27
3. OBJETIVOS.....	42
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	42
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	43
4. METODOLOGÍA.....	43
4.1. RECOLECCION DE LOS MATERIALES.....	43
4.1.1. Agregados	43
4.1.2. Agua de Río	45
4.1.3. Agua Subterránea.....	46
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS.....	48
4.2.1. Granulometría.....	48
4.2.2. Peso Unitario y de vacíos.....	49
4.2.3. Gravedad específica y absorción.....	50
4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO AL AGUA.....	52
4.4. DISEÑOS DE MEZCLA.....	57
4.5. ENSAYO DE MANEJABILIDAD.....	58
4.6. ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS.....	60
4.7. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.....	62
5. RESULTADOS.....	65
5.1. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL AGUA.....	65
5.2. RESULTADOS DE LOS AGREGADOS.....	65
5.2.1. Granulometría.....	65
5.2.2. Peso Específico.....	67
5.3. RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	69

5.3.1. Diseño para Agua de Río Moche.....	69
5.3.2. Diseño para Agua Subterránea.....	71
5.3.3. Diseño para Agua Potable.....	72
5.4. RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO.....	73
5.5. RESULTADOS DEL ENSAYO A LOS CILINDROS.....	74
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	79
6.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	79
6.2. CARACTERIZACIÓN A LOS AGREGADOS.....	80
6.3. CONCRETO.....	80
6.3.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE MANEJABILIDAD (ASENTAMIENTO).....	80
6.3.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	81
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
7.1. CONCLUSIONES.....	82
7.1. RECOMENDACIONES.....	83
8. BIBLIOGRAFÍA.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 01. Componentes químicos del cemento.....	11
Tabla 02. Fases químicas del cemento.....	11
Tabla 03. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para el concreto.....	14
Tabla 04. Efectos en el concreto causados por impurezas en el agua de mezcla.....	15
Tabla 05. Clasificación de los agregados según su tamaño.....	17
Tabla 06. Clasificación de los agregados según su densidad.....	18
Tabla 07. Requisitos granulométricos agregado fino ASTM C-33.....	34
Tabla 08. Propiedades físico-químicas de las muestras de agua.....	65
Tabla 09. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	66
Tabla 10. Análisis granulométrico del agregado fino.....	67
Tabla 11. Peso Específico del agregado grueso.....	68
Tabla 12. Porcentaje de absorción del agregado grueso.....	68
Tabla 13. Peso Específico del agregado fino.....	69
Tabla 14. Porcentaje de absorción del agregado fino.....	69
Tabla 15. Asentamiento de los diferentes diseños de mezclas.....	74
Tabla 16. Resistencia de cilindros $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agua de río Moche.....	74
Tabla 17. Resistencia de cilindros $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agua Subterránea.....	76
Tabla 18. Resistencia de cilindros $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agua potable.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de los componentes del concreto.....	08
Ilustración 2. Tipos de Cemento.....	10
Ilustración 3. Ubicación de la cantera “Gelacho”.....	44
Ilustración 4. Trocha carrozable hacia cantera “Gelacho”.....	44
Ilustración 5. Vista principal de la Cantera “Gelacho”.....	45
Ilustración 6. Punto de extracción de las muestras del río Moche.....	46
Ilustración 7. Lugar de abastecimiento de agua subterránea.....	47
Ilustración 8. Pozo tubular.....	47
Ilustración 9. Granulometría de los agregados.....	49
Ilustración 10. Peso Unitario suelto y compactado.....	50
Ilustración 11. Gravedad Específica y absorción de agregados.....	52
Ilustración 12. Cono de Abrams.....	59
Ilustración 13. Elaboración de probetas.....	61
Ilustración 14. Curado de probetas.....	62
Ilustración 15. Ensayo a la compresión de probetas.....	63
Ilustración 16. Estado de probetas después de rotura.....	64

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Curva granulométrica del agregado grueso.....	66
Grafica 2. Curva granulométrica agregado fino.....	67
Grafica 3. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm ² utilizando agua de río Moche.....	75
Grafica 4. Comparación de resistencia obtenida empleando agua Río Moche VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días.....	75
Grafica 5. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm ² utilizando agua subterránea.....	76
Grafica 6. Comparación de resistencia obtenida empleando agua subterránea VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días.....	77
Grafica 7. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm ² utilizando agua potable.....	78
Grafica 8. Comparación de resistencia obtenida empleando agua potable VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días.....	78
Grafica 9. Comparativa de curvas de resistencia obtenidas utilizando los tres Tipos de agua.....	79

INTRODUCCION

Hoy en día el Perú vive una estabilidad macroeconómica positiva, por efecto de sus sectores pilares y el de mayor auge es el de construcción, consolidándose como una de las principales fuentes de empleo en el país, que mantendrá una expansión del 8% y la idea es que este ritmo de crecimiento económico continúe en los próximos años (Capeco, 2015).

Ahora bien, uno de los principales materiales de construcción de nuestro medio es el concreto, este ofrece, como las piedras naturales, una gran resistencia a las fuerzas de compresión, pero igual que estas una resistencia moderada a la flexión y a la tracción, como sabemos está compuesto por: cemento como material aglutinante o pegante, agregados (fino y grueso) y el agua. El papel del agua en la elaboración de un concreto es de suma importancia, ya que la cantidad del cemento (relación a/c) depende de la manejabilidad y las resistencias finales de este. También hay que hacer énfasis en la calidad del agua para elaborar los concretos. Se entiende que si el agua es buena para beber es buena para hacer concretos, creencia que no es del todo cierta, ya que agua azucaradas o con sustancia adicionadas en plantas de tratamiento, tales como cloro, flúor o sulfatos de aluminio e incluso sabores artificiales, no son adecuadas para hacer concretos.

Pero la carencia del agua en el mundo (Decenio del agua, 2014), podría disminuir su uso en las mezclas de concreto y morteros, que permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante en las diferentes obras de la ingeniería civil.

La escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos.

A lo largo del último siglo, el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población y, aunque no se puede hablar de escasez hídrica a nivel global, va en aumento el número de regiones con niveles crónicos de carencia de agua.

Es un fenómeno no solo natural sino también causado por la acción del ser humano. Hay suficiente agua potable en el planeta para abastecer a los 7.000 millones de personas que lo habitamos, pero ésta está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible.

2. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

Según Jerzy Oliver Guzmán Rojas y Olga Iris Hurtado Gatica en su trabajo de investigación realizada en el 2008, sobre la **Correlación de la Resistencia a la compresión del concreto fabricado con Cemento Portland Tipo I, MS e ICO en agua normal, hirviendo y vapor**, consistió en determinar la resistencia a la compresión del concreto, utilizando el curado estándar, curado acelerado en agua hirviendo y curado acelerado en vapor para ser comparadas entre si y determinar la mejor relación que existe entre ellas.

Para poder realizar el presente trabajo se fabricó un total de 54 probetas cilíndricas de concreto, para las cuales se utilizó cemento TIPO I, TIPO Ms y TIPO Ico y además se empleó agregados que se encuentran en nuestra localidad, Trujillo.

Para el diseño de mezcla consideramos dos relaciones de agua-cemento de 0.40 y 0.50, también se tomó en cuenta asentamientos de 3 a 4 pulgadas.

De las 54 probetas elaboradas, 18 se designaron para un curado acelerado empleando agua hirviendo, durante un tiempo de 3 ½ horas.

De las 54 probetas elaboradas, 18 se designaron para un curado acelerado empleando vapor, durante un tiempo de 32 horas (24 horas para secar y 8 horas para curado) y para las probetas restantes, se han curado con el método estándar de laboratorio, durante un tiempo de 28 días.

Se llegó a la conclusión, que el curado en agua hirviendo acelera la resistencia del concreto en un promedio de 53%, tanto como el vapor de agua en un promedio de 51%, de su resistencia máxima que alcanza a los 28 días y que la mejor forma de predecir la resistencia del concreto es utilizando el curado en agua hirviendo y vapor, es mediante la ecuación de regresión.

El curado con vapor de agua, es factible para estructuras prefabricadas ya que permite una aceleración progresiva, es decir no disminuye con el aumento de temperatura ni del tiempo.

Un aspecto importante es la facilidad con la que se evalúa la calidad del concreto en un corto tiempo permitiéndonos verificar si se ha cumplido con los parámetros de diseño.

Beneficios de utilizar curado con agua hirviendo

El curado con agua hirviendo es el más óptimo para ser usado en campo ya que nos permite una aceleración de la resistencia mucho mayor que el curado con vapor, es decir nos permite una resistencia mayor a corto plazo aunque disminuye su aceleración al transcurrir del tiempo.

Cabe recalcar que estos ensayos deben ser utilizados principalmente en el control interno de calidad y no para efectos de control oficial. Si la prueba acelerada da un nivel aceptable, de todas maneras se requiere su confirmación a los 28 días.

Se ha obtenido una relación entre la resistencia del curado en agua hirviendo, y vapor de agua y la convencional a los 28 días, pero ninguna expresión obtenida con base empírica puede ser perfecta, debido a que las relaciones de resistencia dependen del tipo y calidad de los materiales empleados.

Sobre los resultados de la resistencia a la compresión

El método de curado en agua hirviendo acelera la resistencia en un promedio del 53% de la resistencia requerida, lo cual es significativo porque solo se empleó 28 ½ horas, tiempo importante para asegurar el control de calidad del concreto de manera rápida.

El método de curado con vapor de agua acelera la resistencia en un promedio del 51% de la resistencia requerida, si comparamos el tiempo que se usó para este ensayo con el estándar nos damos cuenta de la significancia de estos resultados.

En otro trabajo de investigación, Oscar Ignacio Abad Suarez - Jorge Antonio Touseh Hernández en Cartagena-Colombia, en el año 2013, sobre **Efecto en la disminución de la resistencia del concreto preparado con diferentes marcas de cemento y agua del río Magdalena – Caso: Municipio De Calamar (Bolívar)**, se han llevado a cabo varios proyectos de investigación que buscan con sus experimentos, pruebas y demás conseguir posibles mejoras en todo lo que concierne al tema del agua de mezclado. Teniendo en cuenta todas las investigaciones que se han realizado con respecto a este tema y las mejoras que se quieren alcanzar, en el presente proyecto de investigación, se trabajó en la comparación de las resistencias a compresión de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi, fabricados con las diferentes marcas de cemento comercializadas en la región (ARGOS, CEMEX y HOLCIM) y utilizando el agua del Río Magdalena, para determinar su comportamiento mecánico. Para llevar a cabo este proyecto se elaboraron y ensayaron cilindros de concretos a edades de 7, 14 y 28 días con el fin de analizar los distintos resultados y así poder compararlos con los límites que permite la norma. Antes de esto se realizaron ensayos de laboratorio al cemento (diferentes marcas) para verificar sus propiedades físico-mecánicas con el fin de identificar si el cemento que se estaba manejando era óptimo para la realización de la mezcla. Al agua se le hicieron estudios físico-químicos para determinar qué tipo de sustancias o agentes contaminantes se encontraban en ella para tener una idea de los efectos que produciría en la resistencia de los cilindros, los agregados se caracterizaron y se determinaron sus propiedades físicas.

Seguido a esto se hizo el ensayo de manejabilidad (asentamiento) para medir la consistencia del concreto no endurecido, se fabricaron los cilindros de concreto variando la marca de cemento de acuerdo a unos diseños de mezcla para 3000 y 4000 psi y por último se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión para corroborar si los cilindros llegaban a las resistencias esperadas. Por último en el análisis de resultados que se realizó de la resistencia a la compresión, muestra que la resistencia que se alcanzó de los concretos realizados con el agua del Río Magdalena y diferentes marcas de cemento, están en el rango de 84.01, 81.45 y 81,15% para concretos de 3000 psi y para los de 4000 psi están en el rango de 78.81, 76.33 y 75.58%, con lo anterior se concluye que definitivamente no es

prudente el uso del agua del Rio Magdalena para elaborar mezclas concreto, debido a que estos valores se encuentran muy por debajo de los límites que permite la norma y además nos permite comprender que los cementos utilizados en las mezclas de concreto muestran unas características físicas muy similar, recomendar que se utilice el cemento marca ARGOS, que fue el que menor disminución porcentual en la resistencia alcanzo no sería pertinente, ya que la diferencia entre las 3 resistencias es mínima y una diferencia tan pequeña no hace que utilizar una marca u otra de cemento sea lo produzca un cambio relevante en la resistencia.

Después de realizar los ensayos propuestos en nuestro trabajo de investigación, como lo fueron los ensayos físicos al cemento, en el cual se basó principalmente nuestra investigación, así como también la caracterización de los agregados, los estudios físico químico del agua y primordialmente analizando los ensayos de resistencia a la compresión de nuestras muestras de concreto, podemos concluir:

- Para la actualización de las características físico-químicas del agua del rio magdalena extraída en el municipio de calamar, se compararon los resultados obtenidos, con resultados de investigaciones anteriores. De esta comparación podemos concluir que las características físico-químicas del agua, en la mayoría de los parámetros no han variado considerablemente, siendo la turbidez y los sólidos suspendidos los que han sufrido un incremento en comparación con los anteriores trabajos de grados.
- Además también podemos concluir que el agua del rio magdalena, extraída en el municipio de calamar no es óptima para su utilización en la mezcla de concreto, ya que tiene características químicas que sobrepasan los límites permitidos por la norma (NTC 3459).
- Los ensayos y la caracterización de los agregados fino y grueso, demuestran que estos elementos tienen muy buena distribución granular y características físicas que cumplen con la norma (NTC 77, 176, 92), por lo tanto son elementos en óptimas condiciones para su utilización en la mezcla de

concreto. Teniendo tamaños máximos de 1” y mínimos 0.2” para el agregado de grueso.

- Los ensayos realizados a las 3 marcas de cemento, dieron como resultados que las muestras cumplen con las condiciones físicas necesarias solicitadas por la norma (NTC 226, 221, 110 y C118) para su utilización en la mezcla de concreto. También se pudo concluir que entre las 3 marcas de cemento todas tienen propiedades físicas similares.
- Elaborar este estudio amplía los conocimientos sobre las propiedades físicas de los concretos preparados con agua del río Magdalena, ya que este es el último de una serie de varios estudios realizados por el grupo de investigación GEOMAT, donde se obtuvieron datos que dejaban al descubierto la baja calidad de estos concretos por su utilización al preparar concreto en la zona. Por ende la mayoría de las construcciones de los pueblos ribereños no cumplen con las especificaciones técnicas necesarias para ser utilizadas como viviendas, establecimientos comerciales, establecimientos gubernamentales, debido a la baja resistencia.
- Elaborar un análisis comparativo de las resistencias obtenidas de las diferentes mezclas de concreto, nos dio como resultado que la mezcla de concreto que mayor resistencia obtuvo fue la preparada con cemento ARGOS, obteniendo un % de resistencia a los 28 días de 84.01 % para 3000 psi y 78.81 % para 4000 psi.

Recomendar que se utilice el cemento marca ARGOS, que fue el que menor disminución porcentual en la resistencia alcanzó no sería pertinente, ya que la diferencia entre las 3 resistencias es mínima y una diferencia tan pequeña no hace que utilizar una marca u otra de cemento sea lo que produzca un cambio relevante en la resistencia.

2.2 FUNDAMENTACION TEORICA

2.2.1 CONCRETO

Según el ICG, se denomina concreto a la mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua, agregados finos y gruesos. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos, adiciones y fibras.

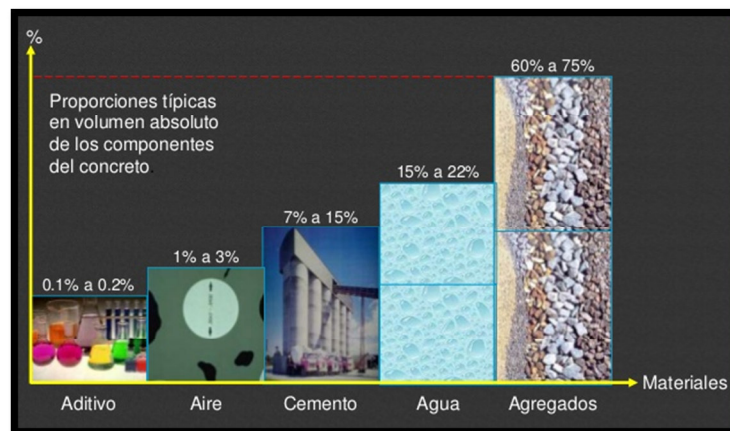
El objetivo de la selección de las proporciones de los ingredientes de la unidad cúbica de concreto y de la combinación más conveniente y económica de los mismos es obtener un producto plástico que tenga trabajabilidad y consistencia necesaria para colocarlo adecuadamente en los moldes, y que endurecido cumpla con las propiedades deseadas.

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.

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

Como se indicó inicialmente el concreto está compuesto por varios materiales cemento, agregados y agua. Estos componentes al mezclarse forman un todo que con el pasar del tiempo proporcionan diversas características en la mezcla de concreto, de modo que, al estudiar cada uno de los materiales que conforman el concreto se lograra conocer su influencia en las propiedades del concreto.

Ilustración 1. Estructura de los componentes del concreto



2.2.2.1 Cemento Portland

El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada concreto. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón (llamado concreto en varias partes de Hispanoamérica). Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

Tipos de Cemento

Los tipos de cemento pueden variar dependiendo del porcentaje de dosificación que se aplique de cada materia prima:

- Cemento Portland Tipo I: Es el normal y se utiliza para la construcción ordinaria.
- Cemento Portland Tipo II: Es el modificado y tiene poca liberación de calor al hidratarse.
- Cemento Portland Tipo III: Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- Cemento Portland Tipo IV: Provoca bajo calor y produce poco calor al hidratarse es propio de estructuras masivas como las presas.
- Cemento Portland Tipo V. Resistente a los sulfatos y utilizado en las alcantarillas.

Cementos adicionados

Los cementos adicionados están compuestos por una mezcla de clínker, yeso y adiciones minerales en distintas proporciones. Las adiciones minerales utilizadas varían entre puzolanas, fillers y escorias de alto horno, que añaden ciertas propiedades de valor agregado al cemento, otorgándoles características especiales. Además, estos cementos utilizan cantidades menores de clínker en su fabricación, lo que resulta en una menor emisión de gases contaminantes.

Ejemplos de cementos adicionados:

- Antisalitre con Fortimax 3

- ExtraforteICo
- Extradurable HS

Ilustración 2. Tipos de cemento



Cemento Extraforte ICO

Es un cemento de uso general recomendado para columnas, vigas, losas, cimentaciones y otras obras que no se encuentren en ambientes húmedos-salitrosos. Este cemento contiene adiciones especialmente seleccionadas y formuladas que le brindan buena resistencia a la compresión, mejor maleabilidad y moderado calor de hidratación.

Propiedades

Moderado calor de hidratación.

Mejor trabajabilidad.

Aplicaciones

Obras de concreto y de concreto armado en general

Morteros en general

Pavimentos y cimentaciones

Estructuras de concreto masivo

Propiedades Químicas del Cemento

Todos los tipos de cementos están compuestos de 4 elementos esenciales, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento portland.

Tabla 01. Componentes químicos del cemento.

Nombre de Compuesto	Composición del Óxido	Abreviatura	%
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S	48
Silicato dicálcico	2CaOSiO_2	C_2S	27
Aluminio tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}$	C_3A	12
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF	8

La anterior composición es también conocida como compuestos de Bogue. De acuerdo a las fases, en el cemento se pueden observar:

Tabla 02. Fases químicas del cemento.

Fases	Bases de la Fase	Porcentaje en el Cemento
Alita	C_3S	75%
Ferrita	C_4AF	20%
Fases menores		5%

La Fase C_3S se hidrata más rápidamente que la C_2S , lo que ayuda al tiempo de fraguado y de su resistencia inicial. La acción endurecedora de la fase C_3S es de 24 horas a siete días, mientras que la de la fase C_2S es de 7 a 28 días. La fase C_4AF cumple con una función catalizadora y aporta poca resistencia al concreto.

Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento

Las principales propiedades físicas del cemento son las siguientes:

Finura del Cemento: La finura se define como la medida o tamaño de la partículas que componen el cemento; se expresa en cm^2/g lo cual llamamos superficie de contactos o superficies específicas; esto se refleja en el proceso de hidratación del cemento ya que la mayor superficie de contacto mejor y más rápida es el tiempo de fraguado. Es la cantidad de área expuesta al contacto con el agua en una determinada masa de cemento. Entre más fino sea el cemento más rápido es el contacto con el agua. Entre mayor sea la superficie de contacto mayor es la finura del cemento. El método para determinar la finura del cemento en este trabajo de grado fue el Tamiz # 200.

Peso Específico o Densidad Aparente del Cemento. El peso específico expresa la relación entre la muestra de cemento y el volumen absoluto.

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

El peso específico del cemento debe estar entre 3.10 a 3.15 g/cm^3 . El valor del peso específico no indica la calidad de un tipo de cemento, sino que su valor es usado para el diseño de la mezcla. Un bajo valor de densidad absoluta nos indica poca presencia del clinker y alta de yeso. El procedimiento para determinar el peso específico fue el Método de Le Chetelier.

Consistencia Normal: La consistencia normal es un estado de fluidez alcanzado por la pasta del cemento que tiene una propiedad óptima de hidratación. Se expresa como un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco del cemento.

$$\% \text{ Consistencia Normal} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del cemento}}$$

Los valores normales de esta se encuentran entre el 24% y el 32%. La consistencia Normal no es un parámetro para medir la calidad del cemento pero si para medir el tiempo de fraguado y la resistencia mecánica. Para obtener la consistencia normal se utilizó el aparato de Vicat.

Fraguado: Es una transición de un estado fluido al estado rígido. Al mezclar el cemento con el agua se crea una pasta suave, ésta se rigidiza gradualmente hasta conformar una masa sólida, este proceso va acompañado de cambios de temperatura en la pasta del cemento: un rápido aumento en la temperatura corresponde al fraguado inicial transcurrido desde la adición del agua hasta alcanzar el estado plástico (pasta semidura), presentando deformación por la acción de pequeñas cargas, el máximo de temperatura corresponde al fraguado Final que va desde el fraguado inicial hasta que el cemento alcanza condición de dureza (Comienza a adquirir resistencia mecánica), en este lapso se produce la unión con los agregados.

2.2.2.2. El Agua

El agua debe tener una apariencia limpia, libre de cualquier tipo de contaminantes como aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el refuerzo. Si se encuentra alguna sustancia u objeto en el agua que dé lugar a duda de la calidad del líquido, esta no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto.

Para elaborar el concreto puede tomarse de fuentes naturales y por lo tanto puede contener elementos orgánicos indeseables o contenidos inaceptables de sales inorgánicas, las aguas superficiales, en particular, a menudo contienen materia en suspensión, como aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales, y puede ser inadecuado emplearlas sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para que dicha materia en suspensión se elimine.

Agua de Amasado

Es aquella que se añade junto con los demás componentes a la mezcla, con la función de hidratar los componentes activos del cemento, actuar como lubricante haciendo posible que la masa fresca sea trabajable y creadora de espacio en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento. El agua de amasado se le puede dividir en dos fases:

Agua de Hidratación: Es la que reacciona químicamente con el cemento formando lo que se denomina el gel o pasta hidratada. Recibe el nombre de no evaporable porque a una temperatura de 110°C no se produce evaporación.

Agua Evaporable: Es la parte de agua de mezclado que es capaz de ebullición a 110°C, se divide en tres fases: Agua de Absorción (Es una capa molecular de agua que es atraída por el gel del cemento), Agua Capilar (Es la que ocupa los poros entre los granos del cemento), Agua Libre (Es la que realmente evapora, o sea la que se pierde dentro del agua de mezclado en Condiciones de Secado).

En la siguiente tabla se muestran los valores límites recomendados para las impurezas en el agua de mezclado.

Tabla 03. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para el concreto

Impurezas	Máximo Tolerado (ppm)
Carbonato de Sodio y Potasio	1.000
Cloruro de sodio	20.000
Sulfato de sodio	10.000
Sulfato, como SO ₄	3.000
Carbonatos de calcio y magnesio, como ión bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40.000
Sulfato de magnesio	25.000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000
PH	6,0 a 8,0
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	0.5%
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	1.2%
Azúcar	500
Partículas en suspensión	2.000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35.000

A continuación se detalla los efectos de ciertas impurezas en el agua de mezclado en la calidad del concreto.

Tabla 04. Efectos en el concreto causados por impurezas en el agua de mezclado

Tipos de Impureza	Efectos en el Concreto
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	El bicarbonato de sodio puede tanto acelerar como retardar el fraguado y en altas concentraciones (mayores de 1000 ppm) puede afectar la resistencia del concreto. Los carbonatos (calcio, magnesio, estaño cobre, zinc, los yodatos, fosfatos, arsenatos y boratos) pueden retardar el fraguado y la adquisición de su resistencia.
Sales de hierro	Las sales de hierro en concentraciones hasta de 40.000 ppm usualmente no presentan efectos adversos en la resistencia de un concreto o un mortero.
Aguas ácidas o básicas	Las aguas acidas con valores de pH por debajo de 3 pueden crear problemas de manejo y deben ser evitadas en lo posible. Aguas de concentración de hidróxido de sodio del 0,5% por peso del cemento no afectan las resistencias o los fraguados. Sin embargo más altas concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto.
Azúcar	Pequeñas cantidades retarda el fraguado del cemento y disminuyen la resistencia inicial pero la aumentan a los 28 días. Cantidades > 0.25% puede causar un fraguado rápido y una sustancial reducción de resistencia a los 28 días.
Partículas en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) de partículas de arcilla o limos pueden no afectar la resistencia pero si influir en otras propiedades de algunas mezclas de concreto.
Aceite	El aceite mineral por si solo tiene menos efectos sobre el desarrollo de la resistencia del concreto que los aceites animales o vegetales. Pero el aceite derivado del petróleo en concentraciones superiores al 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20 % o más.
Aguas Negras	En cantidades superiores a 200 ppm preferiblemente no debe usarse. Si después de ser tratada se reduce la concentración a 20 ppm o menos no.
Agua de mar	El agua de mar por su alto contenido de cloruro produce una alta resistencia a temprana edad pero posteriormente su efecto es adverso a reducir la resistencia a un 15%, además corroe el refuerzo y mancha la superficie exterior del concreto.
Sólidos en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) afectan la resistencia e influyen en otras propiedades de algunas mezclas de concreto como el tiempo de fraguado.
Material orgánico	Concentraciones altas (mayores de 2000 ppm) de partículas afectan el tiempo de fraguado del concreto.

Agua de Curado

Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación. Aunque en la actualidad existen productos que minimizan la pérdida superficial del agua, en el caso de que no sean utilizados se requiere adicionársela periódicamente a los elementos construidos para que alcancen el desempeño deseado.

2.2.2.3. Agregados

Los agregados constituyen entre el 60 y el 80 por ciento del volumen total del concreto y estos deben cumplir ciertas propiedades como lo son: ser partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otras sustancias que afectan el buen funcionamiento y adherencia con la pasta de cemento. Dentro de los agregados encontramos dos clasificaciones, los agregados gruesos o gravas y los agregados finos o arenas.

2.2.2.3.1 Clasificación de los Agregados

Los agregados se clasifican según su tamaño, modo de fragmentación y peso específico.

Clasificación por Tamaño de Partícula

Es necesario realizar esta división de los materiales debido a la condición mínima del concreto normal de dividir a los agregados en dos grupos, cuya frontera nominal es 4.75 mm (malla No. 4 ASTM). Agregados finos son aquellos cuya

partícula tiene un diámetro inferior a 4.76 mm y no menor de 0.074 mm y se conoce como arena. Aquellas partículas con diámetro superior a 4.76 mm es la que normalmente se denomina agregado grueso. En la siguiente tabla se muestra una clasificación, los nombres más usuales y su aptitud como agregado para concreto según su tamaño.

Tabla 05. Clasificación de los agregados según su tamaño.

Tamaño de las Partículas en mm (pulg.)	Denominación más Corriente	Clasificación	Clasificación como Agregado para Concreto
Inferior a 0.002 Entre 0.002 - 0.074 (No.200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074 - 4.76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado fino	Material apto
Entre 4.76 - 19.1 (No.4)-(3/4") Entre 19.1 - 50.8 (3/4") - (2") Entre 50.8 - 152.4 (2")-(6") Superior a 152.4 (6")	Gravilla Grava Piedra Rajón, piedra bola	Agregado grueso	Material apto para producir concreto

Clasificación por Modo de Fragmentación

Por la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de la grava y la arena, ya sea a base de trituración, por la explotación de una mina, o bien por el dragado y cribado del lecho de un río, los materiales se clasifican en:

Natural: el proceso de fragmentación ocurre en procesos naturales como la erosión.

Manufacturado: es cuando en la fragmentación del material intervienen procesos artificiales como la trituración o por medio de quebradoras.

Mixto: Cuando intervienen ambos procesos, el natural y el manufacturado.

Clasificación por Peso Específico

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Esto nos sirve porque se usa en algunos cálculos para el control de la mezcla, sin ser una medida de la calidad del agregado. La clasificación que resulta de esto la mostramos a continuación:

Tabla 06. Clasificación de los agregados según su densidad.

Tipo de Concreto	Peso Unitario aprox. Del Concreto Kg/m ³	Peso Unitario del Agregado kg/m ³	Ejemplo de Utilización	Ejemplo de Agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamiento	Piedra Pómez Perlita
	950-1350	480-1040	Concreto para relleno y mampostería no estructural	
	1450-2000		Concreto estructural	
Normal	2000-2500	1300-1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado agregado de río
Pesado	2500-5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o x,y contrapesas	Piedra barita y magnetita

Propiedades Químicas

Los controles realizados a las propiedades químicas de los agregados son para evitar su reacción en la masa del concreto. Son las de evitar sustancias presentes

agresivas y componentes geológicos o mineralógicas agresivos, entre los cuales el más frecuente parece ser la sílice activa.

La Epitaxia. La única reacción química favorable de los agregados, conocida hasta el momento, da mejor adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento, a medida que transcurre el tiempo.

Reacción Álcali- Agregado. La sílice activa, presente en algunos agregados, reacciona con los álcalis del cemento produciendo expansiones, destrucción de la masa y pérdida de características resistentes. Las rocas que por lo general la contienen son las silíceas.

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas que tienen mayor importancia en el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto son:

Granulometría

Es la composición en porcentaje de los diversos tamaños de agregado en una muestra, esta proporción se suele indicar de mayor a menor tamaño por una cifra que representa en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

Para obtener un buen concreto, es necesario que la mezcla de la arena y de la piedra logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima, puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas es mínimo, lo cual dará lugar a una mezcla de mejores condiciones técnicas y además, económicas.

Para el agregado grueso el tamaño máximo, se define como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100% de la muestra ensayada. Este valor indica el tamaño de la partícula más grande que hay dentro de la masa de agregado y es de interés conocerla ya que el tamaño del agregado debe ser compatible con las divisiones de la estructura y el tamaño máximo nominal, definido como la abertura del matiz inmediatamente superior a aquel cuyo

porcentaje retenido acumulado sea mayor o igual al 15%. El tamaño máximo nominal muestra más claramente el tamaño de las partículas más grande de la masa de agregados en su fracción gruesa.

Para el agregado fino el módulo de finura, describe que tan fino o grueso es el material que se está empleando. El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz 3/8" hasta el #100 dividido entre el 100%. El módulo de finura no es un indicador de la granulometría, ya que un número infinito de tamizados dará el mismo valor, pero da una idea del grosos o la finura el material. Los valores para el módulo de finura deben estar entre 2.3 y 3.1.

Forma de las Partículas

La forma del agregado depende mucho del tipo de roca que lo origino, la forma del agregado influye directa o indirectamente en el comportamiento del concreto, ya que se relaciona con la trabajabilidad, la resistencia y otras propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Las partículas planas y alargadas aumentan la cantidad de agua necesaria para la mezcla. La forma más adecuada son las redondeadas (para piedras de ríos) y cubicas (para triturados) ya que permiten obtener un concreto más manejable y por lo tanto requieren menos agua.

Textura

Influye en la adherencia entre los agregados ya las pasta de cemento fraguado, así como también, por su efecto sobre las propiedades del concreto endurecido, tales como, densidad, resistencia a la compresión y a la flexión, cantidad requerida de agua, etc. Es deseable que las partículas tengan superficie áspera para que haya buena adherencia con la pasta de cemento, especialmente en los concretos de resistencia superior a los 280 kg/cm².

Densidad

Está definida como la relación entre el peso del agregado y el volumen que este ocupa dentro de la mezcla de concreto. La importancia de medir esta propiedad radica en que los agregados se dosifican por peso (en kilogramos).

Porosidad y Absorción

La absorción está relacionada a la porosidad del agregado y corresponde a la capacidad de absorber el agua. Esta propiedad es usada en el control de calidad del concreto para corregir por humedad los diseños de mezcla. Cuanto más poroso es el agregado, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. La capacidad de absorción del agregado se puede cuantificar por diferencias de pesos, entre saturado y superficialmente, expresándose de la siguiente forma:

$$\% \text{ absorcion} = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100$$

Dónde:

P_{sss} = peso de la muestra saturada y superficialmente seca

P_s = peso seco de la muestra

Masa Unitaria

Esto no es más que la relación entre el peso de un grupo de granos de agregado y el volumen que ocupan en estado suelto o compacto. El agregado puesto en un recipiente por simple efecto de la gravedad se le denomina masa unitaria. Si la colocación se ha compactado se le nombra masa unitaria compacta.

Propiedades Mecánicas

Dentro de las propiedades mecánicas de los agregados se encuentran la resistencia de las partículas del agregado, la tenacidad, adherencia y la dureza.

Dureza

La dureza del agregado es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. Frecuentemente se usa como un índice de la calidad del agregado, pues muestra la resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste del mismo.

Resistencia

El agregado grueso esta mayormente relacionado con la resistencia del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. Los ensayos de resistencia a la trituración sobre las muestras de roca y valores de trituración de los agregados dan una idea acerca del comportamiento de los agregados en el concreto.

Tenacidad

La tenacidad o resistencia a la falla por impacto es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, ya que si estos son débiles s puede disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore.

Adherencia

Es la interacción que existe entre la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico-químico. Entre mayor sea la adherencia, mayor será la resistencia del concreto

Los agregados (Fino y Grueso) conforman el esqueleto granular del concreto, siendo este el elemento mayoritario de la mezcla, de ahí que son responsables de gran parte de las características del mismo. Hay que decir que los agregados que se manejaron en la investigación son provenientes del gradado o cribado que se realizan en los Ríos, producto de esto se dice que es un agregado natural según la clasificación por modo de fragmentación. El agregado grueso que se empleó para elaborar las mezclas tuvo un tamaño constante y el agregado fino nos dio un módulo de finura dentro de lo que establece la norma, siendo estos agregados los

perfectos para lograr una mezcla trabajable a la hora de hacer los cilindros de concreto.

2.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO

El concreto se puede encontrar en estado fresco o en estado endurecido y en cada uno de estos presenta diferentes propiedades que determinan su rendimiento o desempeño.

2.2.3.1. Concreto en estado fresco

Las propiedades del concreto en estado fresco deben permitir que se llenen adecuadamente las formaletas y los espacios alrededor del acero de refuerzo, así como también obtener una masa homogénea sin grandes burbujas de aire y agua atrapada. Las propiedades del concreto en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayo, son:

Trabajabilidad o Manejabilidad:

Es la capacidad que tiene el concreto de ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación. La trabajabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia. La manejabilidad se puede ver afectada por el contenido de agua de mezclado, contenido de aire, las propiedades de los agregados, relación pasta/agregados y las condiciones climáticas.

Segregación

Es la tendencia de la separación de las partículas gruesas de la fase mortero del concreto. Las principales causas de segregación que se presentan son: la diferencia de densidades entre sus componentes, el tamaño y la forma de las partículas y la distribución granulométrica.

La segregación se produce en dos formas: Las partículas gruesas tienden a separarse de las otras por acción de la gravedad, esto ocurre generalmente con

mezclas secas y poco plásticas, la otra forma es la separación de la pasta (cemento y agua) lo que ocurre con mezclas muy fluidas.

Exudación

La exudación sucede cuando parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado. Un poco de exudación es útil para el control de la fisuración por contracción plástica, pero si ésta es excesiva aumenta la relación agua- cemento en la superficie de la estructura, haciendo que esta zona sea más débil que el resto.

2.2.3.2. Concreto en estado endurecido

Para el caso del concreto endurecido se consideraron solo dos aspectos o propiedades importantes. Las que tienen que ver con el proceso de curado de la mezcla y las que tienen que ver con la resistencia obtenida después de fraguado.

Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica, como principal propiedad del concreto hidráulico, se divide en tres tipos de resistencia: Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción.

Resistencia a la Compresión ($F'c$): la resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo $f'c$.

Con esta se mide o cuantifica la calidad del cemento y varía según las especificaciones de la obra, se equilibra en conjunto con la economía para el control de calidad del concreto, es decir, armonía seguridad – economía. Se mide a través de Cilindros Normalizados Diámetro = 6"; Altura = 12", Se llena el molde en tres capas y se compacta con una varilla lisa y de punta redondeada. Se espera 24 horas para desencofrarlas y posteriormente someterlas a curado, referenciando cada una con fecha y elemento.

Según la resistencia a la compresión, el concreto se clasifica en:

Normal 14 – 42 MPa

Resistente 42 – 100 MPa

Ultra resistente > 100 MPa

Resistencia a la Tensión

El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión

Resistencia a la Flexión

Se realiza a través de viguetas normalizadas. El ensayo es igual al de la Compresión por medio de los cilindros. Las propiedades del concreto endurecido parten del concreto fresco y de la fabricación, colocación y curado.

2.2.3.3. Factores que inciden en la resistencia

La resistencia del concreto en estado endurecido, independientemente de la calidad y tipo de materiales que lo constituyen, para unas propiedades dadas de sus componentes en una mezcla trabajable y bien colocada se destacan las siguientes: concreto fresco y de la fabricación, colocación y curado

Contenido de Cemento

Es importante el contenido del cemento dentro de una mezcla, porque para determinado tipo de cemento, a medida que aumenta el contenido del cemento aumenta la resistencia del concreto.

Relación Agua-Cemento y Contenido de Aire

Este factor es el más importante en la resistencia del concreto, es necesario establecer si el concreto va llevar aire incluido, porque a mayor cantidad de aire, la relación de agua – cemento es menor.

Influencia de los Agregados

Las propiedades de los agregados que influyen en la resistencia del concreto son: La granulometría que al ser continua permite la máxima compacidad del concreto en estado fresco y por lo tanto la máxima densidad en estado endurecido con la consecuente máxima resistencia. La forma y textura de los agregados influyen, dependiendo de la forma y superficie que tengan la adherencia de la pasta con los mismos será mejor y por lo tanto aumentará la resistencia. La resistencia y la rigidez de los agregados inciden en la resistencia del concreto, dependiendo si es un agregado de baja densidad y poroso, o si es un agregado de baja porosidad y muy denso.

Tamaño Máximo del Agregado Grueso

Incide en la resistencia del concreto ya que la cantidad de cemento requerida para producir una resistencia a la compresión máxima, a una edad dada, varía según el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla.

Fraguado del Concreto

Es un factor importante en la resistencia del concreto, ya que es necesario determinar el tiempo del fraguado para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad del fraguado con el fin de regular los tiempos de mezclado y transporte

Edad del Concreto

Este factor externo está ligado a la relación que hay entre la relación agua cemento y la resistencia del concreto, ya que la misma se da únicamente con un tipo de cemento y a una sola edad.

Curado del Concreto

Este factor aumenta o disminuye la resistencia del concreto de acuerdo a la intensidad del secamiento con que se efectúe el proceso de fraguado.

Temperatura

La temperatura de curado del concreto afecta su resistencia, porque si se aumenta la temperatura durante este proceso, acelerará las reacciones químicas de la hidratación y esto aumentará la resistencia temprana del concreto, sin efectos contrarios en la resistencia posterior.

2.2.4 NORMAS TECNICAS

Agregado fino NTP 400.037

Se denomina agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8" y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.

El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas

Peso unitario NTP 400.017

Es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc.

Equipo y Accesorios

- Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Recipiente cilíndrico de metal y 1/10 ps3 de capacidad.
- Barra compactadora de acero, lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Pala, badilejo y regla.

Calibración del recipiente:

- El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor "f" se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7 °C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

$$f = 1000/Wa$$

Donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/ m³)

Wa = Peso del agua en el recipiente (kg)

Preparación de la muestra:

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente. El peso unitario puede expresarse en dos condiciones:

Peso Unitario Suelto:

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f \times Ws$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Ws = Peso de la muestra suelta (kg)

Procedimiento:

- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.

- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

Peso Unitario Compactado:

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$PUC = f \times Wc$$

Donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Wc = Peso de la muestra compactada (kg)

Procedimiento:

- Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- El agregado sobrante se elimina usando la barra compactadora como regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

Peso específico y absorción NTP 400.022

Peso específico: Puesto que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros será necesario definir con mucho cuidado el significado del término peso específico, existen varios tipos de peso específico.

Peso específico de masa seca: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$Peso\ específico\ de\ masa = A/(V - W)$$

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Peso específico de masa saturado superficialmente seco: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$Peso\ específico\ de\ masa\ saturado\ superficialmente\ seco = 500/(V - W)$$

Donde:

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Peso específico aparente: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el

aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

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

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Porcentaje de absorción: Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturado superficialmente seco en relación al peso de la muestra seca y es expresado en porcentaje.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

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

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

Equipo y accesorios:

- Balanza con sensibilidad de 0,1 g o menos y con capacidad de 1 kg o más
- Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm³ a 20 °C .
- Molde cónico, metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- Barra compactadora, de metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.
- Termómetro, con aproximación a 0,5 °C. Preparación de la muestra:
- Se coloca aproximadamente 1000 g de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado.

- Se seca la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C} + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0,1 %.
- Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 h.
- Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- Se coloca el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca. Procedimiento:
 - Se introduce en el frasco una muestra de 500 g del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se coloca en un baño a temperatura constante, de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³, y se determina el peso total del agua introducida en el frasco, con aproximación de 0,1 g.
 - Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta peso constante a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1½ h y se pesa.

Contenido de humedad NTP 339.185 / ASTM C535

Esta norma técnica peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de

evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

$$h = \frac{A - B}{B} \times 100$$

Donde:

h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

Análisis granulométrico NTP 400.012

Ese nombre se le da a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Los factores principales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. La trabajabilidad, a su vez, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Entonces la granulometría es de vital importancia en el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

Tabla 07. Requisitos granulométricos para agregado fino según ASTM C-33

Tamiz Standard	Limites Totales % que pasa
3/8"	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N°30	25-60
N°50	10-30
N°100	2-10

Módulo de fineza NTP 400.011

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100.

Se puede considerar al módulo de fineza como promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material, siendo los tamices contados a partir del más fino. Popovics demostró que el módulo de fineza era un promedio logarítmico de la distribución de tamaños de partículas. Sin embargo, un parámetro, el promedio, no puede ser representativo de la distribución.

La norma ASTM C33 requiere que el agregado fino tenga un módulo de fineza entre 2,30 y 3,10

Agregado grueso NTP 400.037

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado grueso puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso debe estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

Peso unitario NTP 400.017

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado tales como su forma, su granulometría, tamaño máximo, etc. Depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, forma de colocación, etc.

Equipo y accesorios:

- Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Barra compactadora, recta, de acero, lisa de 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24”) de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Pala, badilejo y regla

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor “F” se obtiene dividiendo

el peso unitario del agua a 16,7 °C (1000 kg / m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

$$f = 1000/Wa$$

Donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Wa = Peso del agua en el recipiente (kg)

Preparación de la muestra:

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente.

El peso unitario se puede clasificar de dos maneras:

Peso unitario suelto:

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente

$$PUS = f \times Ws$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Ws = Peso de la muestra suelta (kg)

Procedimiento:

- Se llena el recipiente con una pala hasta rebosar, descargando desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.
- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

Peso específico y absorción NTP 400.021

Peso específico:

Debido a que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros es necesario definir con sumo cuidado el significado del término peso específico, pues en realidad existen varios tipos de peso específico.

Peso específico de masa seca:

Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

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

Donde:

A = Peso de la muestra seca (g)

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Peso específico de masa saturado superficialmente seco: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

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

Donde:

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Peso específico aparente:

Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

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

Donde:

A = Peso de la muestra seca (g)

C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

Porcentaje de absorción:

Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturada con superficie seca en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

Es importante pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

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

Donde:

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

A = Peso de la muestra seca (g)

Equipo y accesorios:

- Balanza con una capacidad de 5 kg o más, con sensibilidad de 0,5 g o menos.

- Cesta de malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 6 (3 mm) o menor o un recipiente de aproximadamente igual diámetro y altura con capacidad de 4000 cm³ a 7000 cm³.
- Envase adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C
- Termómetro, con aproximación de 0,5 °C. Preparación de la muestra:

Se selecciona por el método del cuarteo, aproximadamente 5 kg del agregado que se desea ensayar, rechazando todo el material que pase el tamiz N° 4 (4,76 mm).

Procedimiento:

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas se sumerge en agua por un periodo de 24 h ± 4 h.
- Se saca la muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado con la superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g.
- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a temperatura de 23 °C ± 2 °C
- Se seca la muestra a peso constante, a una temperatura de 100 °C a 110 °C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h y se pesa.

Contenido de humedad NTP 339.185 / ASTM C535

Es la cantidad de agua total que tiene el agregado en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

La norma ASTM C-566 prescribe un método para determinar el contenido de humedad del agregado. Este método no es altamente exacto pero el error comprendido es más pequeño que el error de muestreo.

Es importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, por lo que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para hacer las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas y se cumplan las hipótesis asumidas.

El agregado grueso retiene mucho menos agua que el agregado fino, tiene un contenido de humedad mucho menos variable y, generalmente causa menos dificultades.

$$h = \frac{A - B}{B} \times 100$$

Donde:

h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

Análisis granulométrico NTP 400.012

Se denomina así a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Los factores fundamentales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. A su vez, la trabajabilidad, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las

características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Tamaño máximo: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

Módulo de fineza NTP 400.011

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3", 1 1/2", 3/4, 3/8, N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100. Puede considerarse al módulo de fineza como promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material, siendo los tamices contados a partir del más fino.

Requisitos de calidad del agua para el concreto NTP 339.088

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones principales: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 p.p.m. ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con agua pura.

Los carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre 1000 p.p.m., por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementarse las reacciones álcali-sílice en los agregados.

Los carbonatos de Calcio y Magnesio no son muy solubles en el agua y en concentraciones hasta de 400 p.p.m. no tienen efectos perceptibles en el concreto. El Sulfato de Magnesio y el Cloruro de Magnesio en contenidos hasta de 25000 p.p.m. no han ocasionado efectos negativos en investigaciones llevadas a cabo en USA, pero sales de Zinc, Cobre y Plomo como las que pueden tener las aguas contaminadas con relaves mineros, en cantidades superiores a 500 p.p.m. tienen efectos muy negativos tanto en el fraguado como en las resistencias.

La materia orgánica por encima de las 1000 p.p.m. reduce resistencia e incorpora aire.

3.- OBJETIVOS:

3.1.- OBJETIVO GENERAL

Comparar las resistencias a compresión obtenidas en el laboratorio de muestras de concreto de 210 kg/cm², utilizando cemento extraforte Ico fabricadas con los diferentes tipos de agua (POTABLE, SUBTERRANEA, RIO).

3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características de los agregados a utilizar en la mezcla.
- Averiguar mediante el análisis físico – químico y de materiales pesados la calidad de los diferentes tipos de agua
- Realizar el diseño de mezcla para la elaboración de las probetas.
- Realizar las pruebas experimentales en el concreto.
- Elaborar un análisis comparativo de las resistencias obtenidas y plantear recomendaciones para ajustar el diseño de las mezclas
- Plantear recomendaciones de ajuste de los diseños de acuerdo a cada tipo de agua.

4.- METODOLOGIA:

4.1.- RECOLECCION DE MATERIALES

4.1.1. AGREGADOS

Los agregados empleados son provenientes de la Cantera “Gelacho”, de la misma se extrae gravilla de ½”, ¾”, arena gruesa y fina, entre otros; y se encuentra ubicada en el sector San Carlos – Laredo. No emite ningun comprobante de pago autorizado por la Sunat. Además, no posee ninguna medida de seguridad en la extraccion del material.

El acceso a esta es mediante trocha carrozable, y se encuentra a una distancia aproximada de 2.55 km del centro cívico de Laredo.

Ilustración 3. Ubicación de la cantera “Gelacho”

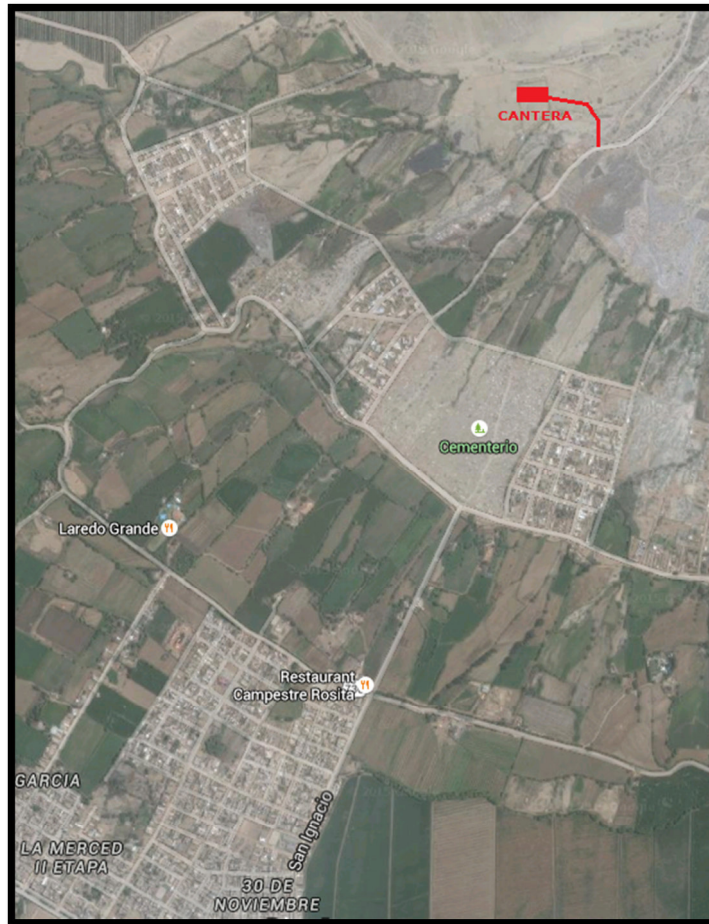


Ilustración 4. Trocha carrozable hacia cantera “Gelacho”



Ilustración 5. Vista principal de la Cantera “Gelacho”



4.1.2. AGUA DE RÍO

Las muestras se obtuvieron mediante una visita realizada al río Moche, aproximadamente a 90 metros de la intersección con la Panamericana Norte, donde está ubicado el Puente Moche.

Este proceso consistió en seleccionar un lugar de fácil acceso a la zona de estudio, para luego proseguir a la recolección con la ayuda de herramientas comunes y recipientes aptos para el almacenamiento de agua.

Después de la obtención de las mismas, estas fueron transportadas al laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Trujillo, para continuar con los análisis correspondientes.

Ilustración 6. Punto de extracción de las muestras del río Moche



4.1.3. AGUA SUBTERRANEA

Las muestras de agua subterránea fueron obtenidas de una empresa informal ubicada en la carretera Industrial en la zona de Santa Rosa, al costado del grifo “El Triunfo” de Petroperu, que abastece mediante cisternas a diversos proyectos de la ciudad.

La forma de la que obtienen el agua es mediante un pozo tubular, esta empresa no emite ningun comprobante de pago autorizado y no cuenta con una regulación por parte de alguna entidad especializada.

Luego de la obtención de las muestras, al igual que el agua de río, estas fueron llevadas al laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su posterior análisis.

Ilustración 7. Lugar de abastecimiento de agua subterránea



Ilustración 8. Pozo tubular



4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS

4.2.1. GRANULOMETRIA

MATERIALES:

- Balanza
- Tamices serie gruesa: 1" – ¾" – ½" – 3/8" - ¼" - N°4
- Tamices serie fina: N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 - N°100 - N° 200
- Recipientes
- Agua limpia
- Muestra de agregado grueso
- Muestra de agregado fino
- Pala
- Badilejos
- horno eléctrico

PROCEDIMIENTO:

Se tomó una muestra de 5000 gr para el agregado grueso y 500 gr para el agregado fino se trituraron las muestras, inicialmente se tomó el peso seco de la muestra, posteriormente se sometió al proceso de tamizado por medio de una serie de tamices elegidos y haciendo movimientos de zigzag para que el agregado grueso o fino se acomode en sus respectivos tamices y finalmente se midieron las masas en cada tamiz.



Ilustración 9. Granulometría de los agregados

4.2.2. PESO UNITARIO Y DE VACIOS

MATERIALES:

- Balanza de sensibilidad 1g y 0.1 g
- Recipiente cilíndrico de $\frac{1}{2}$ pie³ = 0.014 m³ para agregado grueso
- Recipiente cilíndrico de $\frac{1}{10}$ pie³ = 0.0028 m³ para agregado fino
- Badilejos
- Pala
- Varilla

PROCEDIMIENTO:

Peso Unitario del Agregado Compactado:

Se colocó el agregado en el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen, hasta llenarlo totalmente, cada una de las capas se emparejan con la mano y se compacto con 25 golpes por medio de una varilla, estos distribuidos uniformemente en cada capa. Ya lleno el recipiente se eliminan los excesos en la

superficie con la varilla usándola como regla y determino la masa del recipiente lleno, en kg.

Peso unitario del agregado suelto:

Se llenó el recipiente con una pala de modo que el agregado era descargado de una altura no mayor de 5 cm por encima del borde hasta llenarlo, esto se hizo teniendo cuidado de que no se agregaran las partículas de las cuales se componía la muestra. Una vez lleno el recipiente se eliminó los excesos de su superficie con la varilla y se determina la masa en kg del recipiente lleno.



Ilustración 10. Peso unitario suelto y compactado

4.2.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION

MATERIALES:

- Canasta de alambre
- Recipiente para la inmersión de la canasta
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr
- Horno eléctrico
- Recipientes

- Corriente de aire seco (ventilador)
- Molde cónico
- Probeta

PROCEDIMIENTO:

AGREGADO GRUESO:

Primero se trituro la muestra de agregado grueso, luego se lavó el agregado para eliminar el polvo o material adherido a sus superficies y por último se sumergió en agua un tiempo de 24 horas. Luego se secaron los fragmentos de agregado para eliminar el agua visible en la superficie, y así se determinó el peso saturado y el seco superficialmente y por último se tamizo por la maya #4. Luego se tomó la muestra, y con una balanza electrónica se pesó colocándola en una canasta de alambre y sumergida en el agua, con esto se halló el volumen de agua desplazada y por último se secó la muestra en el horno y se determinó su peso seco en el aire.

AGREGADO FINO:

Se sumergió totalmente la muestra de agregado grueso en un recipiente de agua durante 2 horas, se extendió la muestra sobre una superficie no absorbente y se expuso a una corriente suave de aire caliente y se agito con frecuencia para conseguir un secado uniforme. La operación se dio por terminada hasta que se observó que las partículas de agregado fino estuvieran sueltas, y además se tomó el peso superficialmente seco de la muestra de agregado fino. Luego se tomó 500 gramos de la muestra y se introdujo en el picnómetro y se llenó el mismo hasta sus 2/3 partes con agua, para así poder eliminar las burbujas del aire. Por último se tomó el peso del picnómetro más el agua y el material, se secó la muestra en la estufa y se determinó el peso seco en el aire.



Ilustración 11. Gravedad Específica y absorción de agregados

4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO AL AGUA

4.3.1 ANALISIS FISICO QUIMICO.

Color:

El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión.

El color de las aguas se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

Se acepta como mínimo 0,2 y como máximo 12 mg de platino por litro de agua.

Olor:

Está dado por diversas causas. Sin embargo los casos más frecuentes son:

- debido al desarrollo de microorganismos,
- A la descomposición de restos vegetales,
- Olor debido a contaminación con líquidos cloacales industriales,
- Olor debido a la formación de compuestos resultantes del tratamiento químico del agua.

Se entiende por valor umbral de olor a la dilución máxima que es necesario efectuar con agua libre de olor para que el olor del agua original sea apenas perceptible.

Se aceptan como valores máximos para un agua óptima 2 a 10 unidades.

Sabor:

Está dado por sales disueltas en ella. Los sulfatos de hierro y manganeso dan sabor amargo. En las calificaciones de un agua desempeña un papel importante, pudiendo ser agradable u objetable. Las aguas potables deben tener sabor débil y agradable. También puede dar sabor el agente desinfectante (cloro) y se tolera dentro de ciertos límites.

Las aguas muy puras resultan sosas al tener menos sales en disolución.

Turbidez

Se debe a la presencia de partículas de materia en suspensión o dispersas (arcillas, limos, partículas de sílice, materia orgánica)

Algunas de estas partículas se pueden eliminar por decantación o centrifugación, otras no.

Las aguas de pozos y manantiales suelen ser transparentes. Las aguas superficiales (ríos, gargantas) suelen ser turbias debido al arrastre de partículas insolubles.

En masas de agua (ambalses, lagos, ríos, mares) la turbidez puede impedir el paso de luz a las capas inferiores deteriorando el desarrollo de vida en los fondos.

Las aguas turbias son rechazadas por el consumidor aunque reúnan condiciones sanitarias aceptables. Deben ser transparentes.

Determinación de pH:

El pH óptimo de las aguas debe estar entre 5 y 8, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 8. Las aguas de pH menor de 6.5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Para determinarlo usamos métodos colorimétricos o potenciométricos.

Para poder decidir sobre la potabilidad del agua se requiere el control de un número elevado de parámetros químicos y determinados parámetros bacteriológicos. Dentro de los primeros cobra especial importancia el amonio, los nitratos y nitritos, indicadores de contaminación por excelencia.

Amonio:

Este ion tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar contenido aumentado de bacterias fecales, patógenos etc., en el agua. La formación del amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa inorgánica del proceso.

Nitritos:

Son un estado de oxidación intermedia del nitrógeno.

Aparece como producto intermedio cuando el amonio se oxida a nitrato y también en la reducción de los nitratos.

Estos representan la forma intermedia, metaestable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. Dada la secuencia de oxidación bacteriana: proteínas - à amonio -à nitritos--à nitratos, los nitritos se convierten en importante indicador de contaminación, advirtiendo sobre una nitrificación incompleta.

Nitratos:

Representan el mayor estado de oxidación del nitrógeno de forma natural aparecen en las aguas por solubilización de las rocas. Su valor no suele superar los 5mg/l. Pero también aparecen por oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados. Pueden proceder de abonos y aguas residuales y entonces se alcanzan valores muchos mayores de concentración.

La existencia de éstos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia (0,4 y 8 ppm).

Son nutrientes de organismos autótrofos fotosintéticos y su aporte favorece el desarrollo de algas y provocan eutrofización del agua.

En concentraciones altas provocan sabores desagradables en el agua. También pueden ser reducidos a nitritos y producir metahemoglobinemia.

Cloruros

Son compuestos muy abundantes en la naturaleza y también aparecen en pequeña proporción en las aguas.

Todas las aguas contienen cloruros. Una gran cantidad puede ser índice de contaminación ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales.

Concentraciones altas: en agua residuales urbanas (orina y heces los contienen), en agua subterráneas y acuíferos sobreexplotados cercanos a la costa, aguas de vertidos industriales (depende del, proceso industrial) ejemplo: conserveras y desaladoras.

Un agua con alto tenor de oxidabilidad, amoníaco, nitrato, nitrito, caracteriza una contaminación y por lo tanto los cloruros tienen ese origen. Pero si estas sustancias faltan ese alto tenor se debe a que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable. Valor máximo aceptable: 350 mg/l.

Dureza:

Corresponde con la cantidad de calcio y magnesio que contiene al agua. Las sales principalmente son carbonatos, CO_3^- , bicarbonatos HCO_3^- , sulfatos SO_4^{2-} y cloruros Cl^- y a veces pueden valorar otros cationes como hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

Se habla de aguas duras o blandas para determinar calidad de las mismas. Las primeras tienen alto tenor de sales de calcio y magnesio disueltas. Las blandas son pobres en estas sales.

- Bicarbonato de calcio y magnesio: Dureza Temporal se elimina fácilmente si la sometemos a ebullición
- Sulfato y cloruro de calcio y magnesio: Dureza Permanente es la que permanece en disolución tras la ebullición. Sobre todo son sulfatos y también pequeñas cantidades de cloruros, nitratos y silicatos alcalinotérreos.

Puede haber también nitratos, fosfatos, silicatos, etc. (dureza permanente). El agua debe tener una dureza comprendida entre 60 y 100 mg/l. no siendo conveniente aguas de dureza inferiores a 40 mg/l, por su acción corrosiva.

Valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO_3) 400 mg/l.

Alcalinidad:

Está representada por sus contenidos en carbonatos y bicarbonatos. Eventualmente se puede deber a hidróxidos, boratos, silicatos, fosfatos. Las soluciones acuosas de boratos tienen un pH 8,3 y las de ácido carbónico 4,3. Por estas razones se toman estos pH como puntos finales. Como indicadores de estos puntos se utilizan fenolftaleína (pH 8,3) y heliantina (pH 4,2).

4.4.2 MATERIALES PESADOS

Los metales pesados son contaminantes que pueden entrar en el sistema del agua potable, cuando se filtran a través del suelo al agua subterránea. El arsénico, el cadmio y el plomo son sólo algunos de los metales pesados en el medio ambiente a niveles peligrosos. La contaminación por metales pesados es generalmente el resultado de desechos no tratados de la industria minera, pero también pueden ser resultado de otros procesos industriales como la fabricación y el uso de pesticidas y fertilizantes. Los metales pesados en altas concentraciones en el agua potable, presentan riesgos significativos para la salud. La EPA (Environmental Protection Agency - Agencia de Protección Ambiental) utiliza espectrometría de acoplamiento inductivo de plasma de emisión atómica (ICP-AES), un método especial para la detección de metales pesados en el agua.

Las altas concentraciones de metales pesados pueden ser de origen natural. Cada formación geológica contiene una cierta cantidad de metales pesados. Las operaciones mineras extraen y procesan estos metales en las áreas con las concentraciones más altas. El agua en estas zonas puede tener altas concentraciones de metal debido a la combinación de los depósitos de origen natural y los residuos de las minas. Las muestras de agua generalmente se toman al azar dentro de una zona contaminada y fuera del sitio, para identificar el origen de la contaminación y el camino en que se desplaza dentro del sistema de agua subterránea potable o lejos de las fuentes de agua potable. La determinación exacta de la contaminación por metales pesados es importante para identificar los riesgos acumulativos para la gente que consume agua de estas áreas.

4.5. DISEÑOS DE MEZCLA

Se realizaron tres diseños de mezcla para un concreto de 210 kg/cm², teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Resistencia de Diseño
- ✓ Peso específico cemento Portland Tipo Ico
- ✓ Peso específico agregado grueso
- ✓ Peso específico agregado fino

- ✓ Asentamiento de Diseño
- ✓ Relación Agua/Cemento
- ✓ Contenido de Aire Atrapado
- ✓ Cantidad de Agua por m³ de Concreto

4.6. ENSAYO DE MANEJABILIDAD

EQUIPOS Y MATERIALES:

- Balanza
- Moldes (cono de Abrams)
- Varilla Compacta
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Cemento (Tipo Ico)
- Agua (Agua Potable, Agua Subterránea, Agua de Río)

PROCEDIMIENTO

- Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde aproximadamente a una altura de 65mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.



Ilustración 12. Cono de Abrams

- Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos Uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo debe compactarse en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.
- Al llenar la capa superior debe apilarse concreto sobre el molde antes de Compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, debe agregarse concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después de que la última capa ha sido compactada debe alisarse a ras la superficie del concreto. Inmediatamente se retira el molde, se alza cuidadosamente en dirección vertical.
- El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos. Mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.
- La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, debe hacerse sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos

30 segundos. El ensayo de asentamiento debe comenzarse a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

- Inmediatamente después se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, debe repetirse el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

4.7. ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS

Los cilindros de concreto fueron realizados de acuerdo a la NTP 339.033 en donde se indica el procedimiento a seguir para la elaboración de los cilindros que posteriormente fueron utilizados para los ensayos de compresión.

EQUIPOS Y MATERIALES:

Balanza

Moldes

Varilla Compacta

Recipiente de mezclado

Agregado fino

Agregado grueso

Cemento (Tipo Ico)

Agua (Agua Potable, Agua Subterránea, Rio Moche)

PROCEDIMIENTO:

Luego de fabricar la mezcla se llenaron los moldes en tres capas, durante el vaciado la mezcla se colocó de tal manera que se garantizara la correcta

distribución de está y se redujera al mínimo la separación del material dentro del molde. Los moldes se compactaron mediante apisonado y estos se llenaron en tres capas apisonando cada capa con la varilla dando 25 golpes. Todos los moldes se llenaron igualmente, es decir, llenado del molde, compactación de la primera capa, después la segunda y por último la tercera capa con la cual se llena el molde en su totalidad. Después de la compactación se procedió a retirar el concreto sobrante alisándose su superficie y manipulándose lo menos posible para dejar la cara lisa de tal forma que tuviera un buen acabado, los moldes se dejaron quietos, sin tocarlos hasta que estos estuvieran endurecidos lo suficiente para resistir el manejo, después de 24 horas de su elaboración se quitaron los moldes y se colocaron en ambiente de saturación (sumergidas en agua).



Ilustración 13. Elaboración de probetas



Ilustración 14. Curado de probetas

4.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Los ensayos de compresión a los cilindros de concreto de 210 kg/cm² se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días por medio de una máquina de compresión en las instalaciones del laboratorio de materiales de la Universidad Privada Antenor Orrego apoyándonos en la NTP 339.034.

EQUIPO Y MATERIALES:

- Máquina de ensayos
- Probetas cilíndricas de concreto

PROCEDIMIENTO:

- El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.
- La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente durante el período transcurrido desde su remoción del lugar

de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.

- Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:
- Colocación de la muestra. Colóquese el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Límpiense con un paño las superficies de los bloques superiores e inferiores y colóquese el espécimen sobre el bloque inferior.



Ilustración 15. Ensayo a la compresión de probetas

- Para las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe desplazarse a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 pulg/min) cuando la máquina está operando sin transmitir carga. Para las máquinas hidráulicamente operadas la carga debe aplicarse a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s (20 a 50 lb/ Pulg²-seg.). La velocidad escogida se debe mantener al menos durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.

- Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor.
- Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Anótense el tipo de falla y la apariencia del concreto.



Ilustración 16. Estados de las probetas después de las roturas.

5. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL AGUA

Durante los ensayos a las muestras de agua, se obtuvieron resultados que serán mostrados en la tabla 15, estos ensayos se realizaron al agua sustraída del Rio Moche, a la altura de la carretera Panamericana Norte, al agua subterránea obtenida mediante pozo tubular en Laredo y al agua potable de la Universidad Privada Antenor Orrego. En esta tabla se muestran cada uno de los parámetros analizados y una comparación entre ellos.

Tabla 08. Propiedades físico-químicas de las muestras de agua

DETERMINACIONES	Unidades	Agua de Río M-I	Agua Subterránea M-I	Agua Potable M-I	Requisitos NTP 339.088
TEMPERATURA	°C	22.5	23.5	20.5	-
TURBIDEZ	JTU	4	4	N/A	-
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	846	242	184	-
CALCIO	Ca mg/L	159	73.92	112	-
MAGNESIO	Mg mg/L	108	13.89	30	-
CLORUROS	Cl mg/L	98.4	32.98	22.6	Máx. 1000
Ph	-	6.83	7.55	7.91	5 a 8
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1662	1148	945	-
SOLID. TOTAL DISUELTOS	mg/L	1064	735	N/A	Máx. 5000
CARBONATOS	CO ₃ mg/L	0	0	0	Máx. 1000
BICARBONATOS	HCO ₃ mg/L	170	45	11	Máx. 1000
SULFATOS	SO ₄ ⁼ mg/L	93	63.7	32.5	Máx. 600

5.2 RESULTADOS DE LOS AGREGADOS

5.2.1. Granulometría

La clasificación y caracterización granulométrica de los agregados gruesos y finos se presentará a continuación en las tablas 16 y 17. Las gráficas 01 y 02 muestran la distribución porcentual de los agregados según el diámetro del tamiz.

Para el agregado grueso se obtuvieron los siguientes datos:

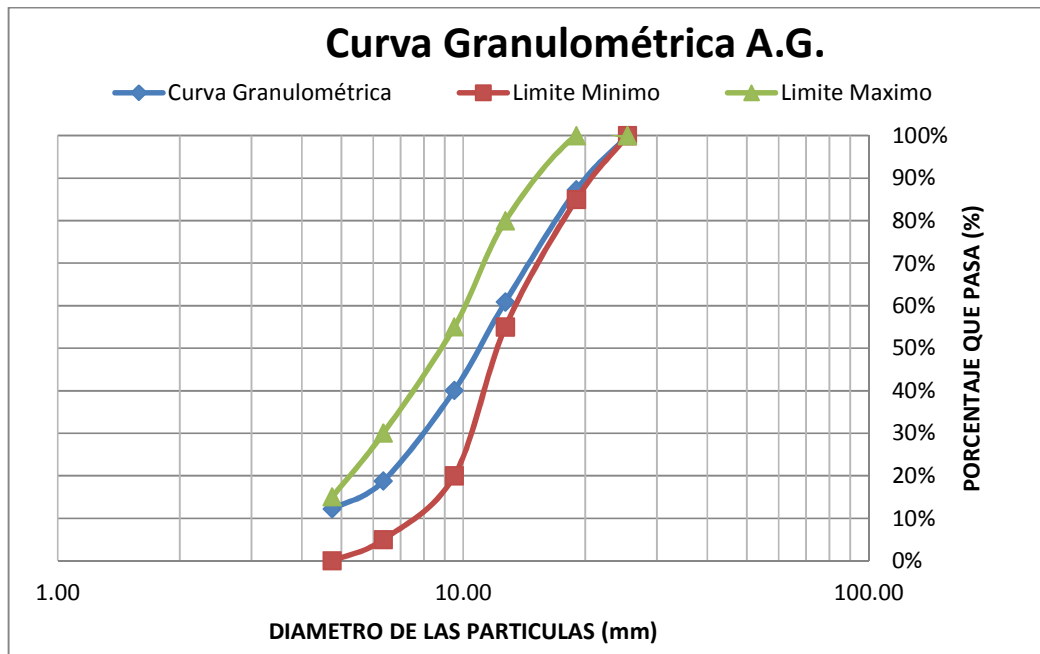
P1 (g): 5440.00

P2 (g): 5423.20

Tabla 09. Análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ #	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.40	0	0.00%	0.00%	100%
3/4"	19.00	691.24	12.75%	12.75%	87.25%
1/2"	12.70	1429.14	26.35%	39.10%	60.90%
3/8"	9.50	1130.34	20.84%	59.94%	40.06%
1/4"	6.35	1154.54	21.29%	81.23%	18.77%
4	4.75	357.54	6.59%	87.82%	12.18%
FONDO		660.4	12.18%	100.00%	0.00%
SUMATORIA		5423.2	100.00%		

Grafica 01. Curva granulométrica del agregado grueso



En el agregado fino se obtuvieron los siguientes datos:

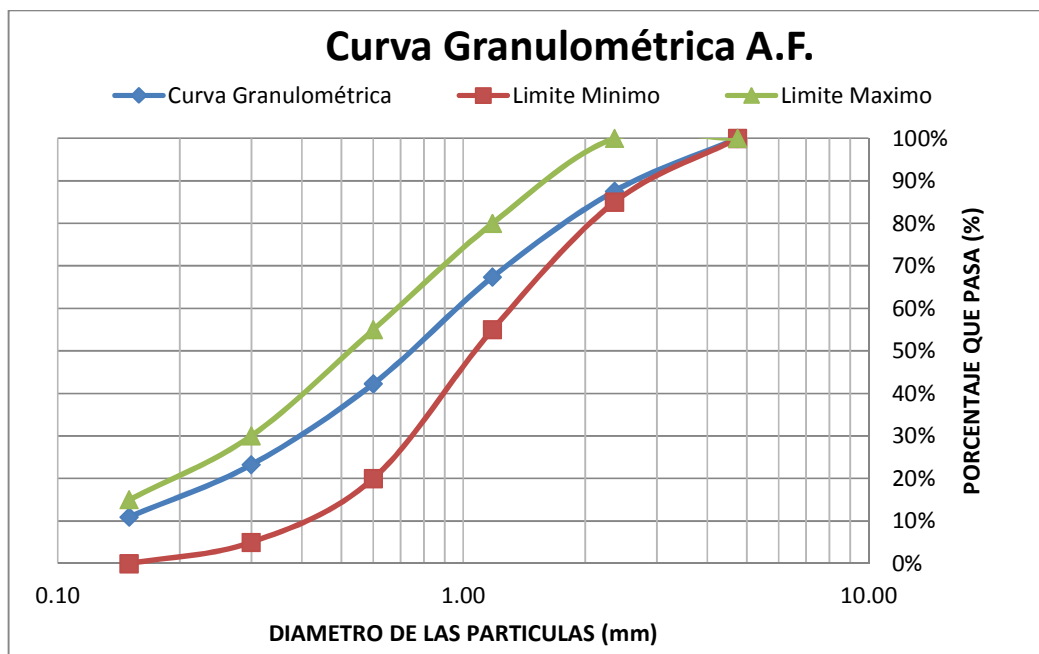
P1 (g): 500

P2 (g): 496.5

Tabla 10. Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ #	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"	9.52	0	0%	0%	100%
# 4	4.75	5.8	1.17%	1.17%	98.83%
# 8	2.36	55.9	11.26%	12.43%	87.57%
# 16	1.18	100.4	20.22%	32.65%	67.35%
# 30	0.60	124.6	25.10%	57.74%	42.26%
# 50	0.3	94.5	19.03%	76.78%	23.22%
# 100	0.15	60.9	12.27%	89.04%	10.96%
# 200	0.075	29.6	5.96%	95.01%	4.99%
FONDO		24.8	4.99%	100.00%	0.00%
SUMATORIA		496.5	100.00%		

Grafica 02. Curva granulométrica del agregado fino



5.2.2. Peso Específico

La densidad de los agregados se encuentra directamente relacionada con la resistencia de concreto por eso es importante su determinación. Cuando el agregado es denso el concreto elaborado también será denso lo que permite que la resistencia sea mayor.

- Peso específico aparente = $\frac{A}{B-C}$
- Peso específico aparente (S. S. S.) = $\frac{B}{B-C}$
- Peso específico nominal = $\frac{A}{A-C}$
- Absorción (%) = $\frac{B-A}{A} \times 100$

Tabla 11. Peso específico del agregado grueso

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO		
TMN	3/4"	
	PESO DE RECIPIENTE 1:	613.00 gr
	PESO DE RECIPIENTE 1 + MUESTRA :	3961.50 gr
(B)	PESO DE MUESTRA:	3348.50 gr
(C)	PESO DE MUESTRA SUMERGIDA:	2048.00 gr
	PESO DE RECIPIENTE 2:	613.00 gr
	PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA:	3934.50 gr
(A)	PESO DE MUESTRA SECA:	3321.50 gr
	Peso Específico Aparente:	2.55
	Peso Específico Aparente (S.S.S.):	2.57
	Peso Específico Nominal:	2.61

Tabla 12. Porcentaje de absorción del agregado grueso

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
TMN	3/4"	
	PESO DE RECIPIENTE 1:	613.00 gr
	PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA (aire libre)	3961.50 gr
(B)	PESO DE MUESTRA:	3348.50 gr
	PESO DE RECIPIENTE 2:	613.00 gr
	PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA	3934.50 gr
(A)	PESO DE MUESTRA SECA:	3321.50 gr
	% ABSORCIÓN:	0.81 %

Tabla 13. Peso específico del agregado fino

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO			
(S)	PESO INICIAL DE MUESTRA:	500.00	gr
	PESO DE FIOLA:	386.50	gr
(B)	PESO DE FIOLA + AGUA:	1216.50	gr
	PESO DE FIOLA + MUESTRA:	886.50	gr
(C)	PESO DE FIOLA + MUESTRA + AGUA:	1509.00	gr
(A)	PESO DE MUESTRA SECA:	493.50	gr
	Peso Específico Aparente:	2.38	
	Peso Específico Aparente (S.S.S.):	5.86	
	Peso Específico Nominal:	2.46	

Tabla 14. Porcentaje de absorción del agregado fino

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
	PESO DE RECIPIENTE 1:	181.00	gr
	PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA:	681.00	gr
(S)	PESO DE MUESTRA:	500.00	gr
	PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA:	674.50	gr
(A)	PESO DE MUESTRA SECA:	493.50	gr
	% ABSORCIÓN:	1.32	

5.3. RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA

5.3.1. Diseño para Agua de Río Moche

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²

Peso específico cemento Portland Tipo Ico.: 2,96 g/mL

Peso específico agregado grueso: 2.55

Peso específico agregado fino: 2.38

Asentamiento de Diseño: 3”- 4”

Relación Agua Cemento: 0.50

Contenido de Aire Atrapado: 1,0%

Cantidad de Agua por m³ de Concreto: 195 lts.

Cálculos:

Contenido de cemento = $C/0.50 = 195/0.50 = 390$ kg

Teniendo $TM= 1''$ y $MF=2.69$ obtenemos:

Volumen Seco y Compactado de Ag Grueso = 0.68 m³

Luego:

Peso Seco Ag. Grueso = 0.68 m³ x PU Ag. Grueso = 0.68 x $1570 = 1067.6$ kg

Método de los pesos

Pu Concreto fresco = 2375 kg/m³

Entonces Ag. Fino = $2375 - 195 - 390 - 1067.6 = 722.4$

Método de los volúmenes absolutos

Cemento = $(390/2.96) \times 100 = 0.132$ m³

Agua = 0.195 m³

Aire atrapado = 0.01 m³

Agregado grueso = $1067.6/2.55 = 0.419$ m³

TOTAL = 0.755 m³

Luego:

Volumen abs. agregado fino = $1-0.755 = 0.245$ m³

Peso A. fino = 582.09 kg/m³

Ajuste por humedad:

Cemento = 390 kg/m³

Ag. Fino = $582.09 \times 1.05 = 611.20$ kg/m³

Ag. Grueso = $1067.6 \times 1.015 = 1083.61$ kg/m³

Agua efectiva = 188.70 lt/m³

Proporción: 1: 1.57: 2.78 / 20.5 Lt/Bl.

5.3.2. Diseño para Agua Subterránea

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²

Peso específico cemento Portland Tipo Ico.: 2,96 g/mL

Peso específico agregado grueso: 2.55

Peso específico agregado fino: 2.38

Asentamiento de Diseño: 3”- 4”

Relación Agua Cemento: 0.45

Contenido de Aire Atrapado: 1,0%

Cantidad de Agua por m³ de Concreto: 195 Lts.

Cálculos:

Contenido de cemento= $C/0.45 = 195/0.45 = 433.33$ kg

Teniendo $T_M = 1''$ y $m_f = 2.69$ obtenemos:

Volumen Seco y Compactado de Ag Grueso = 0.68 m³

Luego:

Peso Seco Ag. Grueso = $0.68 \text{ m}^3 \times \text{PU Ag. Grueso} = 0.68 \times 1570 = 1067.6$ kg

Método de los pesos

Pu Concreto fresco = 2375 kg/m³

Entonces Ag. Fino = $2375 - 195 - 433.33 - 1067.6 = 679.07$

Método de los volúmenes absolutos

Cemento = $(433.33/2.96) \times 100 = 0.146$ m³

Agua = 0.195 m³

Aire atrapado = 0.01 m³

Agregado grueso = $1067.6/2.55 = 0.419$ m³

TOTAL = 0.770 m³

Luego:

Volumen abs agregado fino = $1 - 0.770 = 0.230 \text{ m}^3$

Peso A. fino = 547.25 kg/m^3

Ajuste por humedad:

Cemento = 433.33 kg/m^3

Ag. Fino = $547.25 \times 1.05 = 574.62 \text{ kg/m}^3$

Ag. Grueso = $1067.6 \times 1.015 = 1083.61 \text{ kg/m}^3$

Agua efectiva = 189.39 lt/m^3

Proporción: 1: 1.33 : 2.50 / 18.6 Lt/bls.

5.3.3. Diseño para Agua Potable

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm^2

Peso específico cemento Portland Tipo Ico.: $2,96 \text{ g/mL}$

Peso específico agregado grueso: 2.55

Peso específico agregado fino: 2.38

Asentamiento de Diseño: $3'' - 4''$

Relación Agua Cemento: 0.54

Contenido de Aire Atrapado: $1,0\%$

Cantidad de Agua por m^3 de Concreto: 195 Lts.

Cálculos:

Contenido de cemento = $C/0.54 = 195/0.54 = 361.11 \text{ kg}$

Teniendo $TM = 1''$ y $mf = 2.69$ obtenemos:

Volumen Seco y Compactado de Ag Grueso = 0.68 m^3

Luego:

Peso Seco Ag. Grueso = $0.68 \text{ m}^3 \times \text{PU Ag. Grueso} = 0.68 \times 1570 = 1067.6 \text{ kg}$

Método de los pesos

Pu Concreto fresco = 2375 kg/m³

Entonces Ag. Fino = 2375 – 195 – 361.11 – 1067.6 = 751.29

Método de los volúmenes absolutos

Cemento = (361.11/2.96) x 100 = 0.122 m³

Agua = 0.195 m³

Aire atrapado = 0.01 m³

Agregado grueso = 1067.6/2.55 = 0.419 m³

TOTAL = 0.746 m³

Luego:

Volumen abs agregado fino = 1-0.746 = 0.254 m³

Peso A. fino = 605.32 kg/m³

Ajuste por humedad:

Cemento = 361.11 kg/m³

Ag. Fino = 605.32 x 1.05 = 635.59 kg/m³

Ag. Grueso = 1067.6 x 1.015 = 1083.61 kg/m³

Agua efectiva = 188.23lt/m³

Proporción: 1: 1.76 : 3.00 / 22.15 Lt/bls.

5.4. RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO

Los ensayos de asentamiento sirven para determinar principalmente que tan fluida se encontraba la mezcla de concreto, además de verificar si las proporciones de agua y de los otros materiales se hizo de la manera adecuada.

Se obtuvieron los siguientes resultados mediante el ensayo de consistencia (slump) utilizando el cono de Abrams.

Tabla 15. Asentamiento de los diferentes diseños de mezclas.

Muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Asentamiento (cm)
Probeta - Rio Moche	210	7.92
Probeta - Agua Subterránea	210	8.35
Probeta - Agua Potable	210	8.56

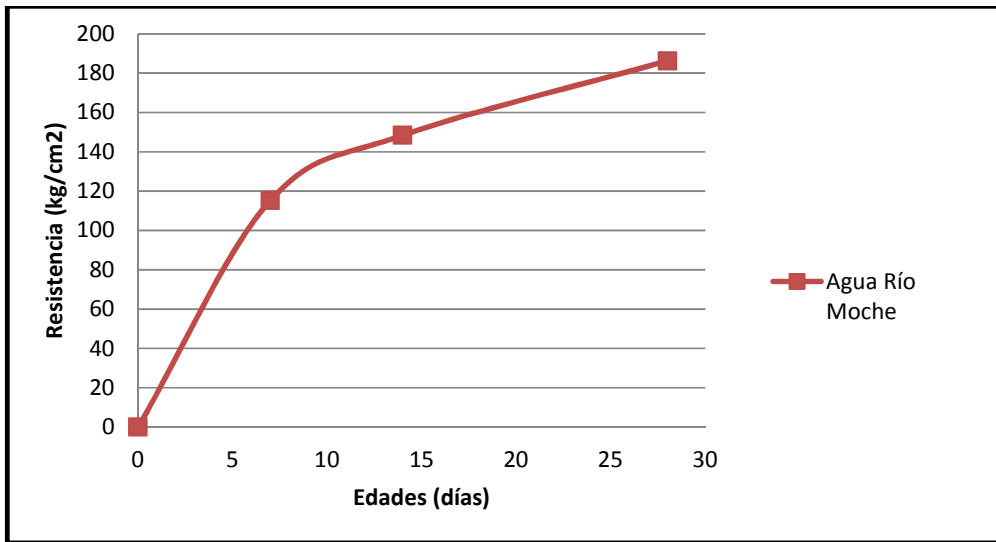
5.5. RESULTADOS DEL ENSAYO A LOS CILINDROS

Los ensayos de concreto preparados con los distintos tipos de agua fueron realizados a las edades de 7, 14 y 28 días, después de esto pudimos obtener los resultados que se muestran en las siguientes tablas:

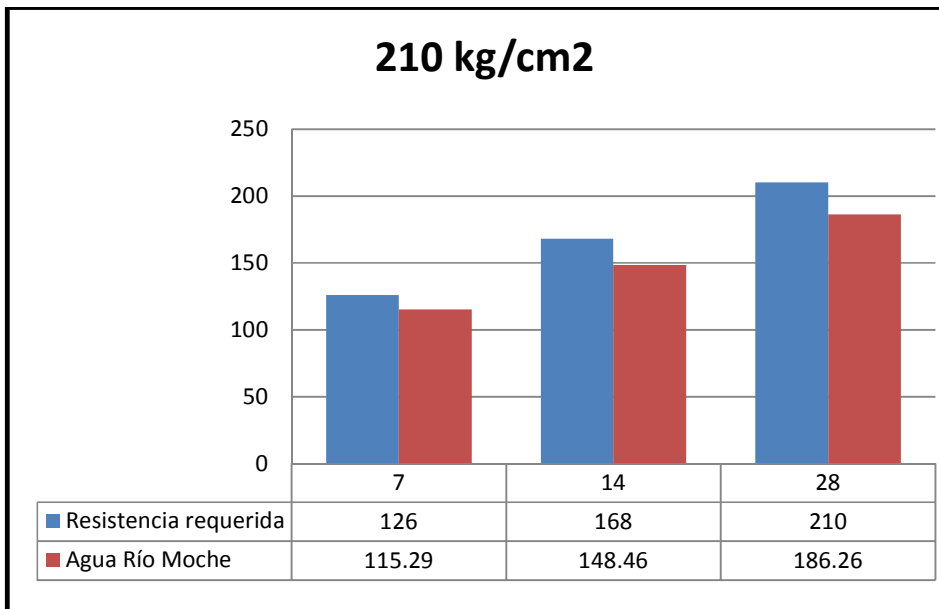
Tabla 16. Resistencia de cilindros $f'c = 210$ kg/cm² utilizando agua de río Moche

Edad (días)	Muestra	Resistencia Requerida (kg/cm ²)	Resistencia Obtenida (kg/cm ²)								Promedio (kg/cm ²)
			Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	Muestra #4	Muestra #5	Muestra #6	Muestra #7	Muestra #8	
7	AGUA RIO MOCHE	126	122.40	120.45	118.54	113.45	114.34	109.20	116.25	107.68	115.29
14	AGUA RIO MOCHE	168	155.30	150.54	155.32	159.23	134.24	142.23	133.56	157.25	148.46
28	AGUA RIO MOCHE	210	184.45	196.40	179.87	188.10	177.23	190.23	189.54	184.25	186.26

Grafica 3. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm² utilizando agua de río Moche



Grafica 4. Comparación de resistencia obtenida empleando agua Río Moche VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días

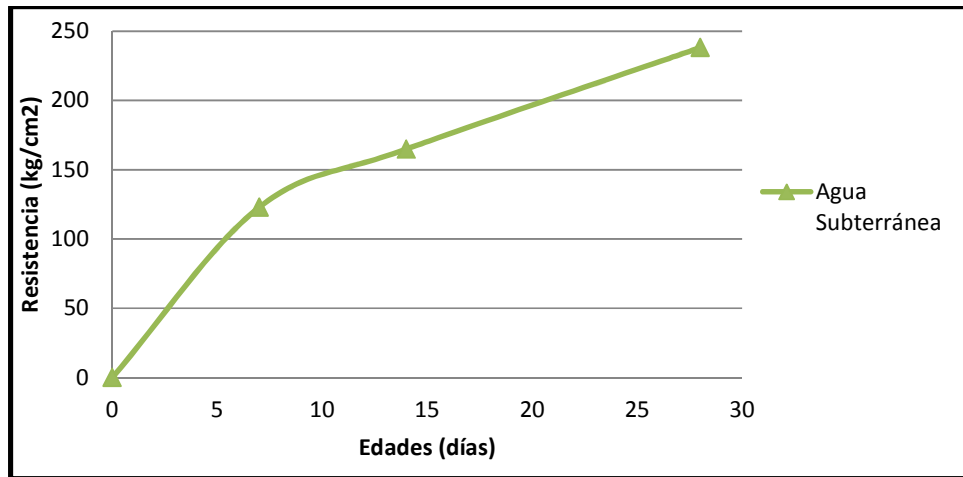


En la tabla 17 tenemos los resultados de los ensayos de compresión a cilindros de concreto de 210 kg/cm² correspondientes al agua subterránea.

Tabla 17. Resistencia de cilindros $f'c= 210$ kg/cm² utilizando agua subterránea

Edad (días)	Muestra	Resistencia Requerida (kg/cm ²)	Resistencia Obtenida (kg/cm ²)								Promedio (kg/cm ²)
			Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	Muestra #4	Muestra #5	Muestra #6	Muestra #7	Muestra #8	
7	AGUA SUBTERRANEA	126	122.90	115.78	133.45	129.90	113.45	123.43	125.00	119.14	122.88
14	AGUA SUBTERRANEA	168	160.40	178.73	165.49	158.78	154.23	169.34	156.15	175.54	164.83
28	AGUA SUBTERRANEA	210	246.43	239.34	231.45	235.20	236.76	239.85	236.65	238.42	238.01

Grafica 5. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm² utilizando agua subterránea



Grafica 6. Comparación de resistencia obtenida empleando agua subterránea VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días

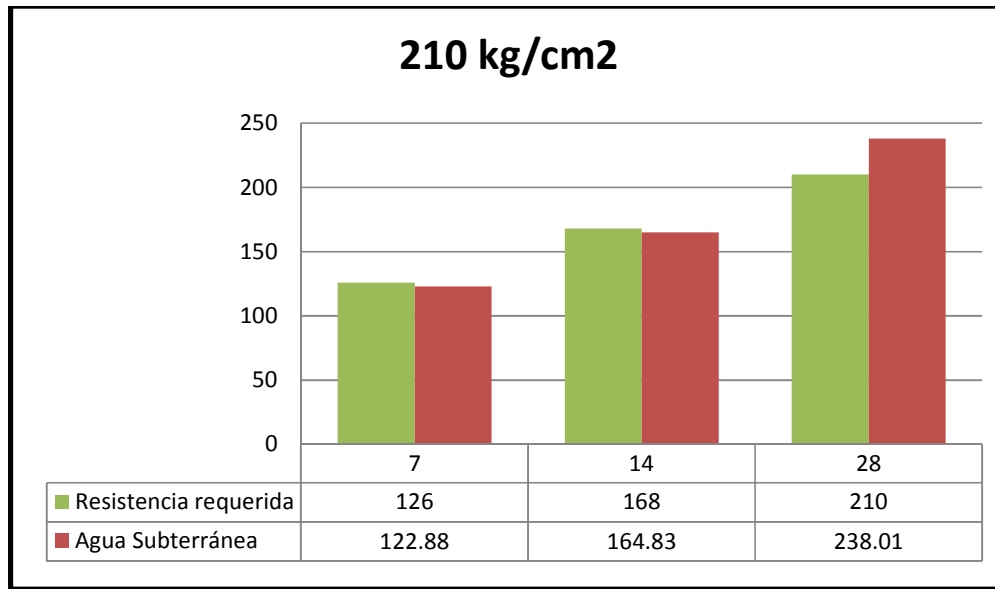
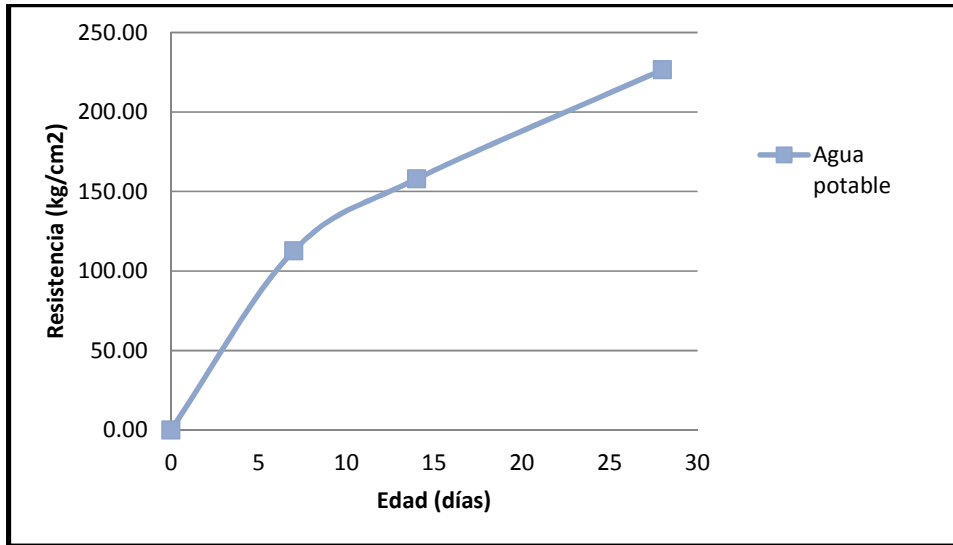


Tabla 18. Resistencia para cilindros 210 kg/cm2 utilizando agua potable

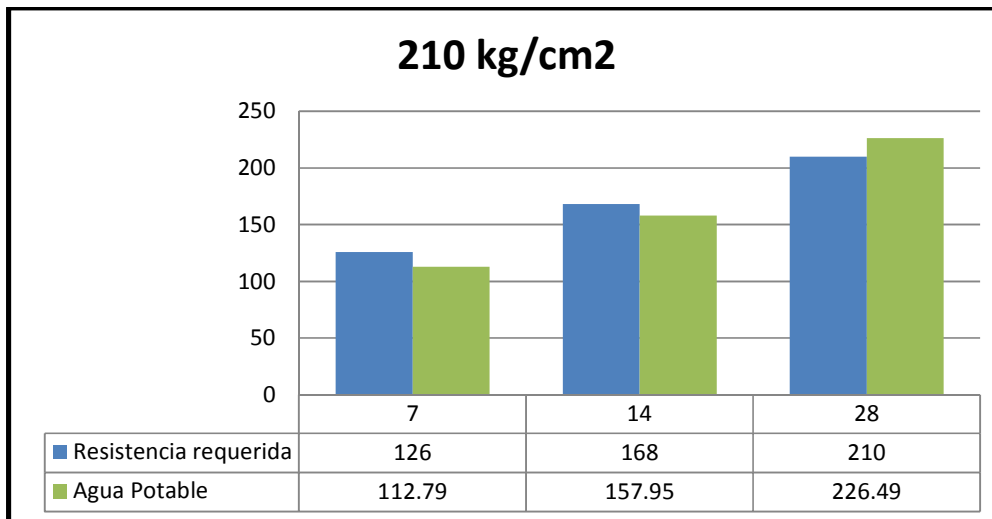
Edad (días)	Muestra	Resistencia Requerida (kg/cm2)	Resistencia Obtenida (kg/cm2)								Promedio (kg/cm2)
			Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	Muestra #4	Muestra #5	Muestra #6	Muestra #7	Muestra #8	
7	AGUA POTABLE	126	114.04	112.10	125.30	118.20	105.23	109.34	105.45	112.63	112.79
14	AGUA POTABLE	168	170.23	166.23	155.09	145.32	142.32	165.18	156.24	163.00	157.95
28	AGUA POTABLE	210	232.20	225.30	227.44	223.40	228.23	224.23	224.65	223.45	226.49

A continuación se muestra la gráfica 7 donde se presenta la curva de resistencia obtenida de los cilindros elaborados con agua potable.

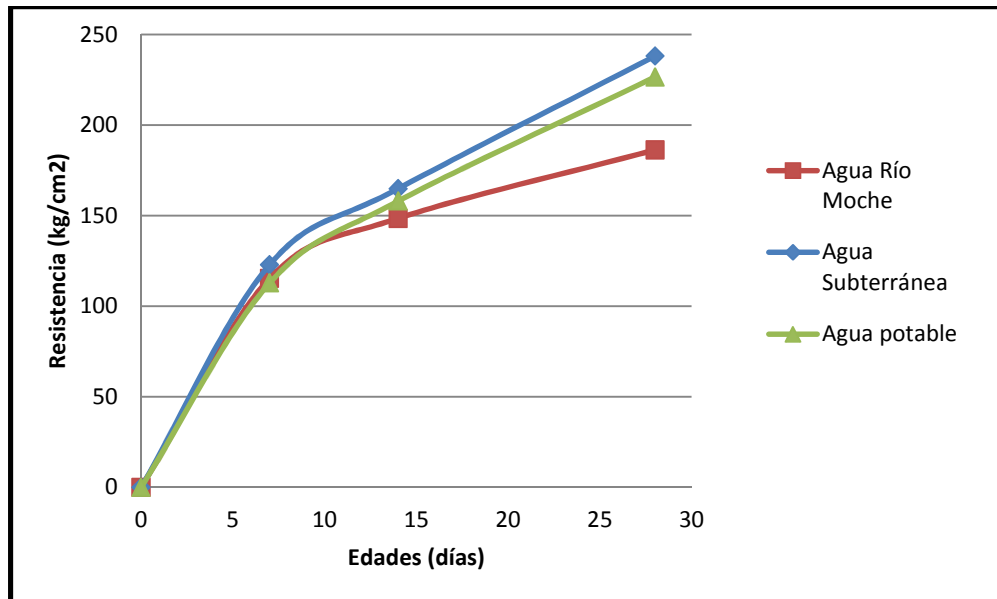
Gráfica 7. Curva de resistencia obtenida de los cilindros de concreto 210 kg/cm² utilizando agua potable



Gráfica 8. Comparación de resistencia obtenida empleando agua potable VS resistencias requeridas en 7,14 y 28 días



Grafica 9. Comparativa de curvas de resistencia obtenidas utilizando los tres tipos de agua



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

De acuerdo a la NTP 339.088 el agua utilizada para la preparación de la mezcla de concreto debe ser de preferencia agua potable, sin colorantes, clara, libre de azúcares, ácidos, materias orgánicas, aceites. En la TABLA 08 donde mostramos los resultados obtenidos en los ensayos al agua, parámetros mínimos y máximos de estos ensayos, podemos comprobar que el agua del río Moche, es un agua con mayor turbidez y a simple vista se observan sólidos suspendidos, con los resultados lo pudimos corroborar y mostrar un indicio de que esta agua debe ser tratada previamente para la utilización en la mezcla de concreto. Por su parte el agua subterránea muestra mejores resultados tal como se aprecia en la tabla, lo que nos lleva a la conclusión de que este tipo de agua si sería óptima para la mezcla de concreto sin necesidad de un tratamiento previo.

6.2. CARACTERIZACIÓN A LOS AGREGADOS

Los ensayos de granulometría al agregado grueso muestran que este cumple con los tamaños máximos, nominales y las distribuciones porcentuales, como se muestra en la TABLA 09 donde vemos que el tamaño de partícula máximo es de 1", y las distribuciones entre los tamices que cumple con los estipulados en la NTP 400.012. Esto nos demuestra que es un materia bien graduado y que puede ser utilizado para la mezcla de concreto.

Para la granulometría del agregado fino, se obtuvo que también tuviera una buena distribución porcentual entre sus tamices, el módulo de finura que depende del porcentaje acumulado retenido fue de 2.69 y este debe estar entre 2.3 y 3.1, de acuerdo con esto podemos decir que nuestro agregado también cumple con este parámetro requerido por la NTP 400.012.

De los ensayos de masa unitaria, peso unitario, peso específico realizado a los agregados grueso y fino, se logró determinar que los agregados cumplen con la norma, dándonos así la plena seguridad que estos agregados son de alta calidad y que cuentan con las características mecánicas que cumplirían con un buen desempeño dentro de la mezcla de concreto.

6.3. CONCRETO

6.3.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE MANEJABILIDAD (ASENTAMIENTO)

Los asentamientos obtenidos a las mezclas de concreto preparadas con AGUA DE RIO MOCHE, AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA POTABLE, teniendo resultados de 7.92, 8.35 y 8.56 cm respectivamente. De estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad, obteniendo resultados de asentamiento muy cercanos al

asentamiento de diseño que fue de 3"-4", lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima.

6.3.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN

De los ensayos de compresión de los cilindros de concreto, se pudo observar que ninguna de las mezclas de concreto alcanzó la resistencia requerida; analizando los resultados mostrados en las gráficas 3 y 4 podemos deducir que la mezcla de concreto que tuvo mejor resistencia fue la preparada con agua SUBTERRANEA que obtuvo un 113.34% de la resistencia requerida, seguida de la preparada con agua de POTABLE que consiguió 107.85%, por último la resistencia alcanzada por el concreto cuya mezcla se realizó con agua del RÍO MOCHE tan solo obtuvo 88.70% de la esperada, siendo esta la opción menos recomendable.

No obstante, la diferencia observada entre los resultados de resistencia de los concretos no es lo suficientemente significativa como para mostrar al agua SUBTERRANEA, como la que marca la diferencia al momento de preparar concretos, ya que la resistencia que alcanza el concreto preparado con agua POTABLE también sobrepasa la requerida de igual forma.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Las resistencias de las probetas de concreto que han sido muestreadas, ensayadas y curadas bajo condiciones de las normas vigentes, a los 28 días son:

- La realizada con el agua del río moche tiene un promedio de 186.26 Kg/cm².
- La realizada con el agua subterránea tiene un promedio de 238.01 Kg/cm².
- La realizada con el agua potable tiene un promedio de 226.49 Kg/cm².

Las que representan la mejor resistencia potencial del concreto especificado de 210 Kg/cm², utilizado para el diseño.

7.1.2. Al analizar los resultados, estos son aceptables, el concreto realizado con agua subterránea y con el agua potable, ya que el promedio de todas las series de sus resultados de tres muestras consecutivas es superior a la resistencia de diseño especificada. Además ningún resultado está en más de 35 Kg/cm² por debajo de la resistencia a la compresión especificada. Se descarta para uso de preparar y utilizar el concreto el agua del río moche.

7.1.3. Los ensayos de granulometría al agregado grueso y agregado fino muestran que estos cumplen con los husos granulométricos por lo tanto los tamaños máximos y nominales son confiables, de la cantera “Gelacho” en Laredo de donde se extrajo los agregados.

7.1.4. En la tabla 08, Propiedades físico-químicas de las diferentes muestras de agua, para comprobar la calidad de la misma, se pudo verificar que en cuanto a los requisitos dados en la NTP 339.088, el agua subterránea, el agua del río Moche y del agua potable cumplen con los parámetros establecidos. Para las aguas no potables, como las del río moche y subterránea, estas no cumplen con la concentración máxima del 0.1% de SO₄, por lo que recomienda no utilizarla para el curado. Sin embargo, es necesario mencionar que una sola muestra de agua puede ser no representativa si existen variaciones de composición en función del tiempo como consecuencia de las variaciones climáticas, como en el caso de las aguas del río Moche.

7.1.5. Se realizaron los diseños de mezclas considerando como única variante al tipo de agua, resultando para el agua del río moche **1: 1.57: 2.78 / 20.5 Lt/bls.;**

para el agua subterránea **1: 1.33 : 2.50 / 18.6 Lt/bls.**; y para el agua potable **1: 1.76 : 3.00 / 22.15 Lt/bls.** La uniformidad de los procedimientos de ensayos fue fundamental en la medida que las variaciones de las mismas definen la resistencia determinada.

7.2. RECOMENDACIONES

7.2.1. Las probetas se deben preparar de acuerdo a la Norma ASTM C31 y deberán ser ensayadas de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C39.

7.2.2. Si la resistencia a la compresión es empleada como criterio de aceptación del concreto, los resultados de las muestras deben ser evaluados separadamente para cada clase de concreto empleada.

8. BIBLIOGRAFIA

- Norma Técnica Peruana 339.088 Requisitos de calidad del agua para el concreto.
- Norma Técnica Peruana 339.044 Control de calidad del concreto.
- Norma Técnica Peruana 400.010 Agregados extracción y preparación de las muestras.
- Norma Técnica Peruana 400.011 Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
- Norma Técnica Peruana 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Norma Técnica Peruana E 0.60 Concreto Armado.
- Peru.com – Economía y Finanzas, recuperado 23 de marzo de 2015
<http://www.peru.com/actualidad/economia-y-finanzas/capeco-construccion-registrara-crecimiento-superior-8-2015-noticia-338847>
- Comité ACI 201. (1998). Guía para la Durabilidad del Concreto, Sección Centro-Sur del American Concrete Institute, Guía del consumidor de

concreto premezclado de Cemex. Suplemento mexicano del Comité ACI 201 4ta ed. EUA.

- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2008). Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Revista Imcyc. Recuperado 28 de abril de 2014, a partir de <http://www.imeyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>
- Aceros Arequipa - Concreto: <http://www.acerosarequipa.com/maestro-obra/maestro-obras-manuales-digitales/maestro-obra-manual-del-maestro-constructor/1-materiales/112-el-concreto.html>
- Importancia del agua en el concreto: <http://blog.360gradosenconcreto.com/importancia-del-agua-en-el-concreto/>
- Cemento Portland: https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento_Portland
- Gaspar, D., Sagrera, J., González, V., y Marín, M. (2013). Acción del agua de mar sobre un cemento portland resistente a los sulfatos. Influencia de la adición de escorias y de cenizas volantes. Recuperado 28 de abril de 2014, a partir de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/731/787>
- Decenio internacional para la Acción “Agua fuente de vida”. (2014). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de ONU-DAES. Recuperado 25 de abril de 2014, a partir de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- Chávez, J. y Buendía, H. (2003). Perfiles de penetración de cloruro en estado iónico en concretos del rango a/c 0.45 a 0.965. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera, Metalúrgica y Geográfica, Vol 6, No 12. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/rt/printerFriendly/743/0>

- Generalidades del concreto: Capitulo I
http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_146_164_97_1349.pdf
- Cementos y Morteros: Notas técnicas para la construcción
<http://es.slideshare.net/LennHegg/exposicion-de-kfc>
- Materiales y Dosificación : Capitulo II
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/diaz_m_f/capitulo2.pdf
- Ensayo de Consistencia del Concreto
<http://civilgeeks.com/2011/12/07/el-ensayo-de-consistencia-del-concreto/>



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JORGE LUIS CRUZADO GUEVARA
MUESTRA	: AGUA
PROCEDENCIA	: AGUA POTABLE
FECHA DE INGRESO	: 21 DE NOVIEMBRE DEL 2015
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

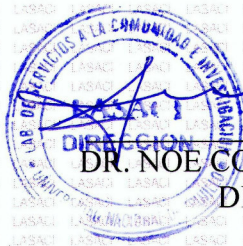
DETERMINACIONES	Unidades	M-I
TEMPERATURA	°C	20.5
TURBIDEZ	JTU	N/A
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	184
CALCIO	Ca mg/L	112
MAGNESIO	Mg mg/L	30
CLORUROS	Cl mg/L	22.6
Ph	-	7.91
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	945
SOLID. TOTAL DISUELTOS	mg/L	N/A
CARBONATOS	CO ₃ mg/L	0
BICARBONATOS	HCO ₃ mg/L	11
SULFATOS	SO ₄ ⁼ mg/L	32.5

ANÁLISIS DE METALES PESADOS

DETERMINACIONES	Unidades	M-I
Plomo	Pb mg/L	0.025
Cadmio	Cd mg/L	0.010
Cobre	Cu mg/L	N/D
Hierro	Fe mg/L	N/D
Zinc	Zn mg/L	0.003

TRUJILLO, 28 DE NOVIEMBRE DEL 2015


DR. NOÉ COSTILLA SANCHEZ
 DIRECTOR





LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JORGE LUIS CRUZADO GUEVARA
MUESTRA	: AGUA
PROCEDENCIA	: RIO MOCHE - TRUJILLO
FECHA DE INGRESO	: 27 DE NOVIEMBRE DEL 2014
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

DETERMINACIONES	Unidades	M-I
TEMPERATURA	°C	22.5
TURBIDEZ	JTU	4
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	846
CALCIO	Ca mg/L	159
MAGNESIO	Mg mg/L	108
CLORUROS	Cl mg/L	98.4
Ph	-	6.83
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1662
SOLID. TOTAL DISUELTOS	mg/L	1064
CARBONATOS	CO ₃ mg/L	0
BICARBONATOS	HCO ₃ mg/L	170
SULFATOS	SO ₄ ⁼ mg/L	93

ANÁLISIS DE METALES PESADOS

DETERMINACIONES	Unidades	M-I
Plomo	Pb mg/L	0.062
Cadmio	Cd mg/L	0.028
Cobre	Cu mg/L	0.073
Hierro	Fe mg/L	0.021
Zinc	Zn mg/L	0.013

TRUJILLO, 11 DE DICIEMBRE DEL 2014


DR. NOÉ COSTILLA SANCHEZ
 DIRECTOR



LASACI


INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JORGE LUIS CRUZADO GUEVARA
MUESTRA	: AGUA
PROCEDENCIA	: POZO TUBULAR - LAREDO
FECHA DE INGRESO	: 24 DE NOVIEMBRE DEL 2014
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

DETERMINACIONES	Unidades	M-I
TEMPERATURA	°C	23.5
TURBIDEZ	JTU	4
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	242
CALCIO	Ca mg/L	73.92
MAGNESIO	Mg mg/L	13.89
CLORUROS	Cl mg/L	32.98
Ph	-	7.55
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1148
SOLID. TOTAL DISUELTOS	mg/L	735
CARBONATOS	CO ₃ mg/L	0
BICARBONATOS	HCO ₃ mg/L	45
SULFATOS	SO ₄ ⁼ mg/L	63.7

ANÁLISIS DE METALES PESADOS

DETERMINACIONES	Unidades	M-I
Plomo 	Pb mg/L	0.031
Cadmio	Cd mg/L	0.014
Cobre	Cu mg/L	N.D
Hierro	Fe mg/L	N.D
Zinc	Zn mg/L	0.040

TRUJILLO, 11 DE DICIEMBRE DEL 2014


DR. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ
 DIRECTOR