



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO
FRESCO Y ENDURECIDO**

PRESENTADO POR

BACHILLER LUIS MIGUEL PACHECO FLORES

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA – PERÚ

2017

CONTENIDO

PÁGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES	x

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	3

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Marco teórico	4
3.1.1	Materiales	4

3.1.2	El concreto.....	11
3.1.3	Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido	13
3.2	Caso práctico.....	18
3.2.1.	Propiedades físicas de los materiales	19
3.2.2.	Diseño de mezcla de concreto por el método ACI	26
3.2.3.	Ensayos al concreto en estado fresco.	28
3.2.4.	Ensayos al concreto en estado endurecido.	36
3.3	Representación de resultados.....	41

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones.....	44
4.2.	Recomendaciones	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		47
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN.....		51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas cementeras	5
Tabla 2. Empresas cementeras, tipos de cementos que produce.	5
Tabla 3. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088	7
Tabla 4. Porcentaje de ion cloruro máximo según el tipo de concreto.....	7
Tabla 5. Normas Técnicas Peruanas para el agua del concreto.....	8
Tabla 6. Clasificación de los agregados	9
Tabla 7. Clasificación del concreto.	12
Tabla 8. Ensayos correlacionados a la manejabilidad	14
Tabla 9. Factores que afectan la manejabilidad.....	15
Tabla 10. Otros términos inherentes al concreto fresco	16
Tabla 11. Propiedades de concreto endurecido.	17
Tabla 12. Ensayos para los agregados finos.	19
Tabla 13. Ensayos para los agregados gruesos.....	20
Tabla 14. Propiedades físicas de los agregados.....	20
Tabla 15. Granulometría del agregado fino.....	23
Tabla 16. Granulometría del agregado grueso.....	24
Tabla 17. Diseño de mezcla por el método ACI.....	27
Tabla 18. Resultado de la medición de slump	30
Tabla 19. Cálculo del peso unitario del concreto fresco.....	34
Tabla 20. Ensayos relacionados al concreto fresco	35

Tabla 21. Resultados obtenidos del ensayo a la compresión.....	38
Tabla 22. Ensayos relacionados al concreto endurecido	40
Tabla 23. Resultados obtenidos de los ensayos al agregado fino	41
Tabla 24. Resultados obtenidos de los ensayos al agregado grueso.....	42
Tabla 25. Resultados obtenidos de los ensayos al concreto fresco	43
Tabla 26. Resultados obtenidos de los ensayos al concreto endurecido	43

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Componentes del concreto..	11
<i>Figura 2.</i> Determinación del porcentaje de humedad..	21
<i>Figura 3.</i> Peso específico de la arena..	21
<i>Figura 4.</i> Peso unitario suelto..	22
<i>Figura 5.</i> Peso unitario compactado..	22
<i>Figura 6.</i> Curva granulométrica agregado fino..	23
<i>Figura 7.</i> Granulometría del agregado fino..	24
<i>Figura 8.</i> Curva granulométrica del agregado grueso..	25
<i>Figura 9.</i> Granulometría del agregado grueso..	25
<i>Figura 10.</i> Dosificación de los agregados..	30
<i>Figura 11.</i> Mezcla de concreto..	31
<i>Figura 12.</i> Muestreo del concreto..	31
<i>Figura 13.</i> Determinación del asentamiento (Slump)..	32
<i>Figura 14.</i> Determinación de P.U. del concreto fresco..	34
<i>Figura 15.</i> Edad versus resistencia a la compresión del concreto..	38
<i>Figura 16.</i> Ensayo de resistencia a la compresión..	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor de calibración del recipiente.....	33
Ecuación 2: Peso unitario del concreto fresco.....	33
Ecuación 3: Resistencia de rotura a la compresión.	37

RESUMEN

En el presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló el tema “PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”. Este trabajo tuvo por objetivo el estudio de las propiedades del concreto, una breve descripción de los materiales con lo que se elaboró el mismo, el desarrollo teórico de las propiedades del concreto y un ejemplo práctico. Lo que se buscó con el ejemplo práctico fue evidenciar las propiedades del concreto, y corroborar los datos del diseño con el que fue elaborado. Mediante la ejecución de los ensayos a los agregados fueron determinadas las propiedades físicas de estos, que fueron necesarios para elaborar el diseño del concreto y así poder determinar sus propiedades. Los ensayos realizados al concreto fresco fueron dos debido a la disponibilidad de instrumentos, ellos fueron, la determinación del asentamiento y la determinación del peso unitario fresco. Y finalmente, el ensayo al concreto endurecido fue el de resistencia a la compresión. Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción de la Universidad José Carlos Mariátegui, y para ello se utilizaron los equipos con los que cuenta actualmente la Universidad.

Palabras claves: Concreto, propiedades del concreto, estado fresco, estado endurecido, ensayos.

ABSTRACT

In the present professional proficiency work, the theme "PROPERTIES OF CONCRETE IN A FRESH AND HARDENED STATE" was developed. The objective of this work was to study the properties of concrete, a brief description of the materials with which it was made, the theoretical development of concrete properties and a practical example. What was sought with the practical example was to demonstrate the properties of concrete, and corroborate the design data with which it was made. By performing the tests on the aggregates the physical properties of these were determined, which were necessary to make the design of the concrete and thus determine its properties. The tests performed on fresh concrete were two due to the availability of instruments, they were, determination of settlement and determination of fresh unit weight. And finally, the test to the hardened concrete was compressive strength test. These tests were carried out in the laboratory of soil, concrete and construction materials of the José Carlos Mariátegui University, and for that, the equipment that the University currently has was used.

Keywords: Concrete, concrete properties, fresh state, hardened state, tests.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional desarrolla el tema “Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”. El objetivo general de este, es el estudio de las propiedades del concreto, adicional a ello se hará una breve descripción de los materiales con lo que se elaborará el mismo, el desarrollo teórico de las propiedades del concreto y se ejecutará un ejemplo práctico, esto, con la finalidad de evidenciar las propiedades del concreto en sus dos estados.

La producción de concreto ha ido incrementando a través de los años, de la misma manera; la tecnología de concreto fue evolucionando. Basada en prácticas rudimentarias en sus inicios, pasando por investigaciones químicas para el desarrollo uniforme de un cementante, actualmente con teorías físicas de la resistencia de materiales y con prácticas normalizadas; fue mejorándose la dosificación y producción del concreto.

Actualmente, nuestro sistema educativo superior, instruye al estudiante de ingeniería civil con métodos de cálculos y diseño estructural cada vez más refinados

y exactos, que, si bien son fundamentales en nuestra formación, pierden eficacia cuando el concreto con el cual se construye carece de las características proyectadas por una falta de conocimiento básico acerca del concreto y sus propiedades.

El Perú cuenta con una serie de climas, pasando del calor en la costa al frío de su sierra, estos climas influyen directamente en la elaboración del concreto. De la misma manera, cuando se trata de la materia prima para la elaboración del concreto, no siempre se cuenta con material óptimo o normalizado, muchas veces por condiciones de lugar, no se tiene acceso a la misma, debido a esto, el profesional a cargo debe tener conocimiento para proponer una solución a este problema, de manera tal, que se logre el objetivo planteado.

Este trabajo de suficiencia busca brindar información acerca de las propiedades del concreto que todo estudiante, técnico, ingeniero o entendido en el tema; debe de conocer para un mejor entendimiento, manejo y control del concreto.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Estudiar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- Realizar los ensayos inherentes a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- Realizar una tabla de información de los ensayos requeridos para identificar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Marco teórico

3.1.1 Materiales

3.1.1.1 Cemento

A. Definición

El cemento es el aglomerante hidrófilo, con propiedades de adherencia y cohesión, estas propiedades le permiten acoplar agregados minerales para formar un material nuevo con resistencia y durabilidad adecuadas.

Según la (Normas Tecnicas Peruanas , 2011) NTP 334.001 “el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda” (p. 7).

B. Los cementos en el Perú

En el Perú, actualmente tenemos varias empresas cementeras, tal como vemos en la siguiente tabla.

Tabla 1
Empresas cementeras

Empresa cementera	Ubicación
Lima S.A.	Atocongo - Lima
Pacasmayo S.A.A.	Pacasmayo- La Libertad
Andino S.A.	Condorcocha – Tarma (Junín)
Yura S.A.	Yura - Arequipa
Cemento Sur S.A.	Caracote – Juliaca (Puno)
Rioja S.A.	Pucallpa - Ucayali

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

Así también, la Tabla 2 nos da a conocer los diferentes tipos de cementos producidos por las empresas cementeras antes mencionadas.

Tabla 2
Empresas cementeras, tipos de cementos que produce

Empresa cementera	Cementos que produce
Lima S.A.	Sol I, Sol II, Atlas IP
Pacasmayo S.A.A.	Pacasmayo I, II, V, MS, IP, ICo
Andino S.A.	Andino I, II, V, IP
Yura S.A.	Yura I, IP, IPM, Cemento de Albañilería
Cemento Sur S.A.	Rumi I, II, V, IPM
Rioja S.A.	Cemento Portland Tipo IPM

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

3.1.1.2 Agua para el concreto

A. Definición

El agua en el concreto sirve para hacer reaccionar químicamente el material cementante presente en la mezcla de concreto esto con la finalidad de lograr:

- a. Conformar el gel.
- b. Que la mezcla del concreto adquiera propiedades que:
 - En estado fresco contribuya a la trabajabilidad y colocación de la misma; y
 - En estado endurecido la ayuden en el proceso de curación y la conviertan en un producto de las propiedades y características requeridas.

De manera práctica, sin elaboración de ensayos al agua para medir su calidad, se pueden emplear aguas para mezcla aquellas que se consideren potables para la población, o aquellas con las que se hayan elaborado mezclas funcionales. De lo contrario, se puede elaborar testigos de concreto y evaluar su comportamiento contrastando con testigos elaborados con agua potable como control. Estas no deberán de diferir en la prueba de resistencia a la compresión en menos del 90 % del testigo control.

B. Requisitos de calidad

La NTP 334.088 (Normas Técnicas Peruanas, 2015), mediante la siguiente tabla, indica los límites permisibles para el agua de mezcla y curado, y considera aptas aquellas que estén dentro de esos límites.

Tabla 3*Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088*

Descripción	Limite permisible		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
pH	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

C. Limitaciones

Las sustancias nocivas o sales que puedan estar en aditivos y/o en agregados minerales se sumaran a la cantidad que pudiera contener el agua de mezclado, esto con la finalidad de evaluar la cantidad total de sustancias nocivas que puedan afectar al concreto, acero de refuerzo o elementos metálicos.

Estas cantidades de ion cloruro en los agregados, aditivos y agua, no deberían de superar los límites mostrados en la tabla a continuación, estos porcentajes están en función al peso del cemento.

Tabla 4*Porcentaje de ion cloruro máximo según el tipo de concreto*

Tipo de concreto	Porcentaje
Pre esforzado	0,06 %
Armado con elementos de aluminio o fierro galvanizado	0,06 %
Armado expuesto a la acción de cloruros	0,10 %
Armado sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros	0,15 %
Armado seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de un recubrimiento impermeable	0,80 %

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

D. Ensayos

Para la verificación de las características mínimas del agua, se utilizarán las normas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 5
Normas Técnicas Peruanas para el agua del concreto

Norma	Ensayo
NTP 339.070	Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland
NTP 339.071	Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas
NTP 339.072	Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas
NTP 339.073	Método de ensayo para determinar el pH de las aguas
NTP 339.074	Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas
NTP 339.075	Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas
NTP 339.076	Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

3.1.1.3 Agregados para el concreto

A. Definición

Se define como agregado como los elementos inertes (de origen natural o artificial) del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar una estructura resistente. Estos cuenta con diversas formas y tamaños, los límites de tamaño están fijados en la NTP 400.011.

“Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75 % del volumen de la unidad cúbica de concreto” (Sánchez de Guzmán, 2001).

B. Clasificación

Existe bastante bibliografía acerca del tema, en ella, distintas formas de clasificar los agregados, esta es una tabla resumen de una de las formas de clasificar los agregados.

Tabla 6
Clasificación de los agregados

Clasificación de los agregados	Concepto
A Por su naturaleza	Naturales (agregado fino, grueso, hormigón) o artificiales (escorias de altos hornos)
B Por su densidad	De peso específico normal (entre 2,5 a 2,75), ligeros (< 2,5), pesados (> a 2,75)
C Por su origen, forma y textura superficial	-Por su origen (aluviales, coluviales, glaciares, canteras, etc.). -Por su forma (angular, sub angular, sub redondeada, redondeada, muy redondeada) -Por su textura (lisa, áspera, granular, vítrea, cristalina)
D Por el tamaño del agregado	Agregados gruesos y agregados finos

Fuente: *Torres, A, Cachay, R. (2004)*

3.1.1.4 Aditivos para el concreto

A. Definición

Un aditivo es definido, según la NTP 334.001 (Normas Técnicas Peruanas , 2011), como “Material que se incorpora al cemento en cantidades limitadas durante la fabricación, ya sea como ,aditivo de proceso, para ayudar en la fabricación o manipulación del cemento o como un aditivo funcional para modificar las propiedades del producto final”.

Los aditivos son insumos usados como componentes del concreto, estos se agregan a la mezcla durante el mezclado con el fin de:

- Variar algunas de sus propiedades para que se adecuen según su necesidad
- Ayudar en su colocación
- Reducir los costos

Se debe de considerar usar aditivos en casos con ciertos problemas asociados a la trabajabilidad, colocación, transporte o curado del concreto, ya que el uso de estos aditivos puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados, además se pueden lograr con mayor economía y mejores resultados.

B. Clasificación

Según la norma (ASTM, 2016), los aditivos se clasifican en:

- Tipo A: Reductores de agua
- Tipo B: Retardadores de fragua
- Tipo C: Aceleradores de fragua
- Tipo D: Reductores de agua, retardadores de fragua
- Tipo E: Reductores de agua, aceleradores de fragua
- Tipo F: Reductores de agua, de alto rango
- Tipo G: Reductores de agua, de alto rango, y retardadores
- Tipo S: Comportamiento específico

3.1.2 El concreto

A. Definición

“El concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante, un material de relleno, agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión” (Sánchez de Guzmán, 2001).

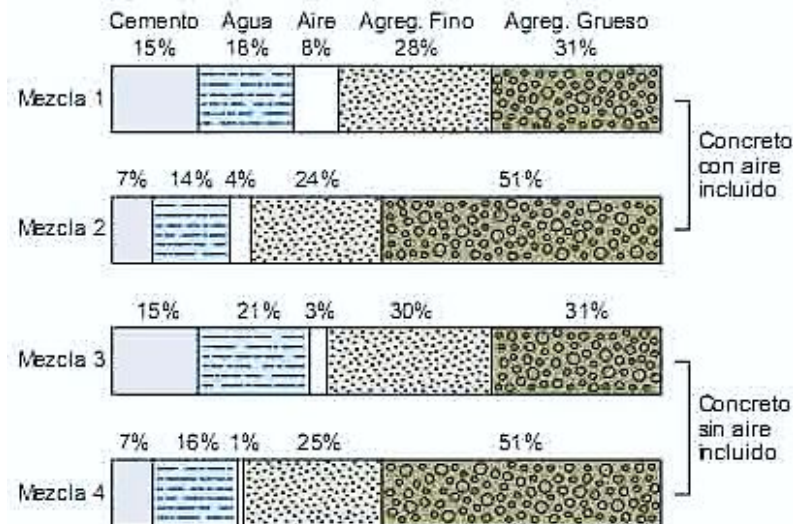


Figura 1. Componentes del concreto
Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

B. Clasificación del concreto

A continuación, en la tabla 7 se presenta una forma resumida de clasificar el concreto.

Tabla 7
Clasificación del concreto

Clasificación	Tipos
A Por el peso específico	-Ligero, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m ³ -Normal, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m ³ -Pesado, cuyo peso unitario se encuentre entre > 2800 Kg/m ³
B Según su aplicación	-Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión -Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión -Pretensado: Resistencia a tracción de viguetas -Pos tensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas
C Por su composición	-Ordinario -Ciclópeo: con áridos de 50 cm -Casco: Hormigón de desechos y ladrillos -Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido > 25 mm -Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire > 6 % -Ligero: 1,2 – 2 = 2 N/mm ² Pesado: áridos de densidad muy grande -Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.
D Por su resistencia	-Convencional: 10 % agua, 15 % cemento, 35 % arena, 40 % grava -De alta resistencia: 5 % agua, 20 % cemento, 28 % arena, 41 % grava, 2 % adiciones, 2 % aditivos

Nota: Tabla elaborada con información recuperada del libro de *Torres, A, Cachay, R. (2004)*
Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

A. Introducción

Es de vital importancia estudiar las propiedades del concreto fresco y los factores que la afectan, ya que la mayoría de las propiedades del concreto endurecido están íntegramente ligadas a sus características en estado plástico, principalmente desde la etapa de mezclado hasta su conformación.

3.1.3.1 Propiedades del concreto en estado fresco

A. Manejabilidad

La manejabilidad, también llamada trabajabilidad, es considerada como la propiedad del concreto en estado fresco por la cual se determina su habilidad para ser transportado, colocado, ser vibrado para su apropiada consolidación y terminar sin segregación alguna.

El Road Research Laboratory, de la Inglaterra, define la manejabilidad en términos de capacidad de compactación, ya que al conformar el concreto en un molde, hay que vencer la fricción interna de la mezcla y una fricción externa entre el concreto y el molde. Así, según Sánchez de Guzmán (2001) “La manejabilidad es la cantidad de trabajo interno útil y necesario para producir con compactación, debido a que la fricción interna es una propiedad intrínseca de la mezcla y no depende de un tipo o sistema particular de la construcción”.

A.1. Medida de la manejabilidad

En la actualidad no existe método directo para efectuar la medición de la manejabilidad, existen algunos ensayos que correlacionan esta propiedad con alguna otra característica. Ellos son:

Tabla 8
Ensayos correlacionados a la manejabilidad

	Ensayo	Norma
A	De revenimiento o asentamiento	(ASTM C 143:2015)
B	Del factor de compactación	(BS 1881: PART 103:1983)
C	Vebe	(BS 1881: PART 104:1983)
D	De la mesa de flujo	(BS 1881: PART 105:1984)
E	De penetración de la bola	(ASTM C 360:1992)

Nota: Elaboración propia, con información recuperada del libro de Adam & Brooks, 1998
Fuente: Elaboración propia

A.2. Factores que influyen en la manejabilidad

Son varios y diversos los factores que afectan la manejabilidad de una mezcla de concreto en estado plástico. En la siguiente página, *tabla 9* se resume dichos factores.

B. Consistencia

Es un término utilizado para indicar su estado de fluidez en estado fresco, si no fluye (seca) o si fluye (fluida), se dice que es el grado de humedad de la mezcla fresca.

Tabla 9
Factores que afectan la manejabilidad

Factores que influyen en la manejabilidad	Sustento
A Contenido de agua de mezclado	Esto debido a que no existe formula que contenga todos los factores que afectan este mismo requerimiento, (de la granulometría, del aire, de la consistencia a conseguir, de la absorción del agregado, etc.)
B Fluidez de la pasta	La fluidez de la pasta lubrica los agregados, dándole manejabilidad a la mezcla de concreto, además, esta misma actúa en función inversa a la resistencia del concreto, mientras más fluida, menor resistencia
C Contenido de aire	A mayor contenido de aire, mayor manejabilidad, menor resistencia. De la misma manera, a menor contenido de aire, menor manejabilidad, mayor resistencia
D Gradación de los agregados	Esto debido a que un agregado mal gradado presenta excesos de vacíos que deben ser llenados con pasta o mortero, esto para que la mezcla sea manejable y no quede porosa
E Forma y textura superficial de los agregados	Influye por la manera en cómo van a fluir dentro de la mezcla, más áspero o rugoso, menos manejable, y viceversa
F Relación pasta – agregados	Lo que afecta es la relación que hay entre la cantidad de pasta y el área superficial de los agregados que esta debe cubrir y lubricar
G Relación arena agregados	Una mezcla con bajo contenido de arena es difícil de manejar, colocar y terminar, esto debido a que es poco cohesiva. De la misma manera a la inversa, una mezcla con exceso de arena necesitara más agua o pasta, de consistencia pastosa. Ambos casos afectan la manejabilidad
H Aditivos	Estos pueden mejorar las condiciones de manejabilidad de la mezcla, sin afectar la relación A/C
I Condiciones de clima	Los agentes atmosféricos también afectan la manejabilidad, el sol, lluvia, viento, etc. son agentes que pueden modificar la manejabilidad
J Condiciones de producción y colocación	La mala dosificación, los métodos de mezclado, el transporte, la compactación, el tipo de obra, pueden afectar la manejabilidad del concreto

Nota: Elaborado con información recuperada del libro de Sánchez de Guzmán, 2001
Fuente: Elaboración propia

C. Plasticidad

Se denomina “plasticidad” al estado del concreto en el que puede ser fácilmente moldeado, pero que puede cambiar de forma lenta si este se saca del molde. Debido

a esto, no pueden considerarse como mezclas de consistencia plástica ni las muy fluidas ni las muy secas.

“Debe tenerse en cuenta que, dentro de ciertos límites, las mezclas húmedas son las más manejables que las secas, pero dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables, para esto, deben tener el mismo grado de plasticidad” (Sánchez de Guzmán, 2001).

D. Otros términos inherentes al concreto fresco

A continuación, en la tabla 10 se presenta algunos términos propios del concreto fresco, conocidos también por los problemas que acarrearán cada uno de ellos.

Tabla 10
Otros términos inherentes al concreto fresco

Segregación	Es la separación de los materiales que forman una mezcla heterogénea (como es el concreto), de manera que su distribución deje de ser uniforme por falta de cohesión. Esto puede ser ocasionado por, diferencia en tamaño de partículas, mala distribución granulométrica, densidad, mal mezclado, mal vibrado, mal transporte, etc.
Exudación	Es la separación de parte del agua de la mezcla durante su fraguado, esto puede ser debido a distintas densidades, esto puede ser controlado con el uso de aditivos. La forma de medir la exudación de un concreto se encuentra descrita en la norma ASTM C 232
Temperatura	La temperatura del concreto fresco afecta a todas las propiedades del concreto en estado plástico, especialmente el asentamiento y el contenido de aire. Por ello, es conveniente verificarla, aunque hoy en día no existe ningún método normalizado para medirla. Sin embargo, el empleo de un termómetro de bolsillo (con precisión de ± 2 grados centígrados) es suficiente

Nota: Elaborado con información recuperada del libro de Sánchez de Guzmán, 2001
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2 Propiedades del concreto en estado endurecido

En la actualidad aún no se ha encontrado una ley general que sea válida para describir el comportamiento del concreto bajo los esfuerzos que es sometido una estructura, sin embargo, podemos estudiar las diferentes propiedades del concreto en estado endurecido y con ella podemos inferir su comportamiento. La siguiente tabla, consolida sus propiedades más conocidas.

Tabla 11
Propiedades de concreto endurecido

	Características del concreto endurecido	Propiedades	Concepto	Factores que influyen
A	Características físico - químicas	Impermeabilidad	Capacidad del concreto para impedir el paso del agua a través del mismo	Finura del cemento Cantidad de agua Compacidad
		Durabilidad	Habilidad para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso, que produzcan deterioro del concreto	Sales Calor Agente contaminante Humedad
		Resistencia térmica	Es la capacidad del concreto para resistir los cambios de temperaturas	Bajas temperaturas, Hielo / deshielo. Altas temperaturas >300 C
B	Características mecánicas	Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar el concreto bajo una carga de aplastamiento	Relación A/C Edad del concreto Contenido de aire Contenido de Cemento Influencia de los agregados Tamaño máximo Fraguado, Curado
		Resistencia a la flexión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una viga a flexión antes de que se agriete	Relación A/C Edad del concreto Contenido de aire Contenido de Cemento Influencia de los agregados Tamaño máximo Fraguado, Curado. Uso de aditivos (fibras)

Nota: Elaborado con información recuperada del manual del curso de Cachay & Torres, 2004
Fuente: Elaboración propia

3.2 Caso práctico

A. Introducción

En este caso práctico se presenta la realización de los ensayos y la determinación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, estos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto de la Universidad José Carlos Mariátegui, y se realizaron con los instrumentos que cuenta actualmente.

Para la realización del concreto se utilizó agregados de la cantera MARON, cuyo depósito de materiales está ubicado en la Av. Circunvalación s/n, tomar como referencia el parque de adulto mayor San Antonio, C.P. San Antonio, Mariscal Nieto, Moquegua. El agua de mezcla utilizada fue potable de la universidad José Carlos Mariátegui, del Campus de C.P San Antonio. Y el cemento utilizado fue de la marca Yura tipo IP.

3.2.1. Propiedades físicas de los materiales

A. De los agregados finos

Se realizaron los ensayos requeridos para obtener las propiedades físicas de los agregados finos en el laboratorio suelos, concreto y materiales de construcción de la universidad José Carlos Mariátegui, dichos ensayos se realizaron en base a las Normas Técnicas Peruanas, estas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12
Ensayos para los agregados finos

Ensayo	Norma
Extracción y preparación de las muestra	NTP 400.010 : 2011
Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo	NTP 400.043 : 2015
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185 : 2013
Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados	NTP 400.018 : 2013
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012 : 2013
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados	NTP 400.017 : 2011
Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.	NTP 400.022: 2013

Nota: Elaborado con información recuperada de la página web de INACAL, 2016
Fuente: Elaboración propia

B. De los agregados gruesos

Se realizaron los ensayos requeridos para obtener las propiedades físicas de los agregados gruesos en el laboratorio suelos, concreto y materiales de construcción

de la universidad José Carlos Mariátegui, dichos ensayos se realizaron en base a las Normas Técnicas Peruanas, estas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13

Ensayos para los agregados gruesos

Ensayo	Norma
Extracción y preparación de las muestra	NTP 400.010 : 2011
Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo	NTP 400.043 : 2015
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185 : 2013
Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados	NTP 400.018 : 2013
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012 : 2013
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados	NTP 400.017 : 2011
Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado Grueso.	NTP 400.021: 2013

Nota: Elaborado con información recuperada de la página web de INACAL, 2016
Fuente: Elaboración propia

C. Resultados obtenidos

De la ejecución de los ensayos se obtuvo los resultados consolidados en la tabla mostrada a continuación. Estos datos son de gran importancia para la realización del diseño de mezcla del concreto que se utilizara.

Tabla 14

Propiedades físicas de los agregados

Propiedad física	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de humedad	6,67 %	0,59 %
Peso unitario suelto	1,593 gr/cm ³	1,355 gr/cm ³
Peso unitario compactado	1,759 gr/cm ³	1,492 gr/cm ³
Peso específico	2,537 gr/cm ³	2,573 gr/cm ³
Absorción	3,93 %	2,04 %
Tamaño máximo	--	1 ½ ”
Tamaño máximo nominal	--	1 ”
Módulo de fineza	3,17	7,11
Mat. > malla Nro. 200	3,89 %	--

Fuente: Elaboración propia

La metodología para el proceso de los ensayos esta descrita en las Normas Técnicas mostradas en la tabla anterior, para evidenciar el trabajo realizado se presentan las siguientes figuras.



Figura 2. Determinación del porcentaje de humedad

Nota: En las figuras se aprecian los agregados siendo secados en la estufa. Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Peso específico de la arena

Nota: En la figura se aprecia el agregado fino en la fiola en el proceso de saturación, para su posterior pesaje y obtención del peso específico. Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Peso unitario suelto

Nota: En la figura se aprecia el proceso de llenado del depósito calibrado para su posterior pesaje y obtención del peso unitario suelto. Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Peso unitario compactado

Nota: Se ve en las figuras el proceso de llenado y compactado con la varilla lisa, para su posterior enrasado y pesaje, con esos datos se calculará el peso unitario compactado. Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

- Granulometría del agregado fino

Como consecuencia del lavado de finos para obtener el porcentaje pasante de la malla número 200 y del análisis granulométrico, tenemos los siguientes resultados que son representados por la tabla y la figura que se muestran a continuación.

Tabla 15
Granulometría del agregado fino

Tamiz		%	%	Especificaciones	
Denominación	mm	Retenido	Pasante	ASTM C33	
3"	76,20				
2 1/2"	63,50				
2"	50,80	0,00	100,00		
1 1/2"	38,10	0,00	100,00		
1"	25,40	0,00	100,00		
3/4"	19,05	0,00	100,00		
1/2"	12,70	0,00	100,00		
3/8"	9,53	0,00	100,00	100	100
Nº 4	4,76	2,97	97,03	85	100
Nº 8	2,38	24,78	72,25	65	100
Nº 16	1,19	21,89	50,36	45	100
Nº 30	0,590	16,91	33,44	25	80
Nº 50	0,279	13,48	19,97	5	48
Nº 100	0,149	10,30	9,67	0	12
Nº 200	0,074	5,78	3,89	0	0

Fuente: Elaboración propia

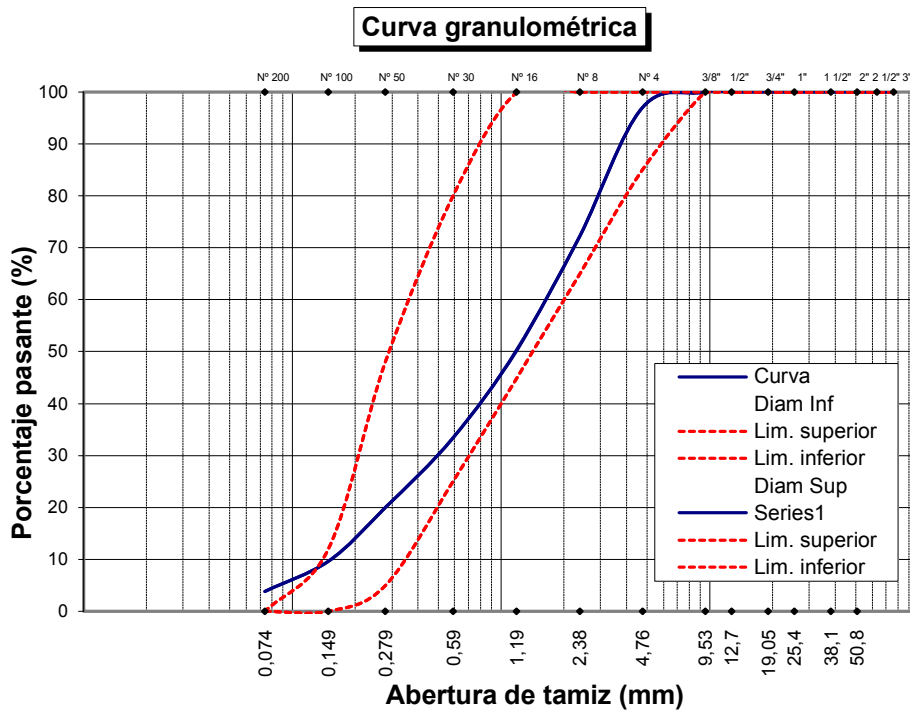


Figura 6. Curva granulométrica agregado fino
Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura fue capturada durante la ejecución del análisis granulométrico del agregado fino.



Figura 7. Granulometría del agregado fino

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

- Granulometría del agregado grueso

Como consecuencia del análisis granulométrico, tenemos los siguientes resultados

que son representados por la tabla y la figura que se muestran a continuación.

Tabla 16

Granulometría del agregado grueso

Tamiz	%	%	Especificaciones	
Denominación	mm	Retenido	Pasante	ASTM C33
3"	76,20	0,00	100,00	100 100
2 1/2"	63,50	0,00	100,00	100 100
2"	50,80	0,00	100,00	100 100
1 1/2"	38,10	0,00	100,00	100 100
1"	25,40	0,31	99,69	95 100
3/4"	19,05	18,70	80,99	60 80
1/2"	12,70	50,98	30,00	25 60
3/8"	9,53	22,42	7,59	13 35
N° 4	4,76	7,51	0,07	0 10
N° 8	2,38	0,07	0,00	0 5
N° 16	1,19	0,00	0,00	0 0
N° 30	0,590	0,00	0,00	0 0
N° 50	0,279	0,00	0,00	0 0
N° 100	0,149	0,00	0,00	0 0
N° 200	0,074	0,00	0,00	0 0

Fuente: Elaboración propia

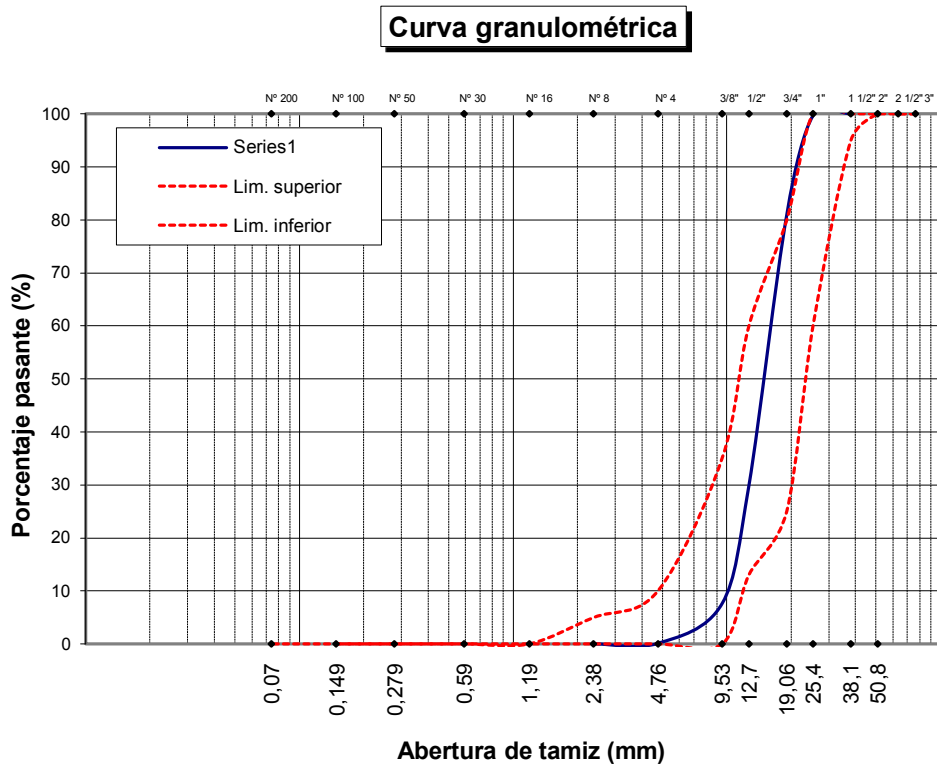


Figura 8. Curva granulométrica del agregado grueso
Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción
Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura fue capturada durante la ejecución del análisis granulométrico del agregado grueso.



Figura 9. Granulometría del agregado grueso
Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Diseño de mezcla de concreto por el método ACI

Para este Trabajo de suficiencia se utilizó el método de diseño del ACI, versión emitida por el comité 221.1 del año 1991, (revisada el año 2009). La siguiente tabla resume el proceso de diseño dándonos la dosificación final.

Tabla 17
Diseño de mezcla por el método ACI

Dosificación de mezcla de concreto método ACI					
		210	Kg / cm ²		
Procedencia del material	:	Cantera Maron			
Tipo de cemento	:	YURA	Tipo IP	P.e.= 2,85	
Propiedades físicas		Agregado grueso		Agregado fino	
Tamaño máximo nominal		1	"	-	
Módulo de fineza		7,11		3,17	
Peso específico		2,573		2,537	
Peso unitario (suelto)		1,355		1,593	
Peso unitario (varillado)		1,492		1,74	
% Humedad natural		0,59		6,67	
% Absorción		2,04		3,93	
CONSIDERACIONES:					
	Slump	3" @ 4"			
	Agua	193,00			
	Aire	1,50			
	atrapado				
	Relación agua-cemento	0,558			
	Vol. Agregado grueso	0,633			
Materiales para 1 m ³ de concreto		Volumen absoluto (m ³)		Peso (kg.)	
	Agua	0,193		193,000	
	Cemento	0,121		345,630	
	Aire	0,015			
	Agregado grueso	0,367		943,738	
	Agregado fino	0,304		771,004	
Corrección por humedad y absorción		Volumen aparente (m ³)		Peso (kg.)	
	Agua	0,186		185,588	
	Cemento	0,230		345,630	
	Agregado grueso	0,701		949,268	
	Agregado fino	0,516		822,404	
Dosificación		Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua
	En peso	1,00	2,38	2,75	0,54
	En volumen	1,00	2,24	3,04	0,81
	Peso por tanda de 1 bolsa	42,50	101,1	116,73	22,82
	Factor cemento	8,13	Bolsas / m ³		

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Ensayos al concreto en estado fresco

A. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. NTP 339.035: 2015

Este ensayo se usa para identificar las características de comportamiento del concreto fresco. Este ensayo se puede realizar en laboratorio o en el campo, su uso es muy sencillo.

Consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, luego se desmolda con cuidado y se mide el asentamiento de la mezcla. El comportamiento del concreto fresco nos indicara la consistencia del mismo, es decir, su facilidad para el moldeo y su capacidad para mantenerse homogéneo.

Como bien sabemos, esta consistencia se modifica por distintos factores, siendo el agua el más conocido, sin embargo, existen muchos más factores, como la forma de los agregados, la textura, etc. Estos últimos solicitaran agua según sus características.

La trabajabilidad y la consistencia son propiedades distintas, la trabajabilidad o manejabilidad es la propiedad del concreto fresco que indica la facilidad para ser transportado, colocado en algún molde, sin que se produzca segregación dañina.

A.1. Procedimiento de ensayo

El molde troncocónico se humedece y se coloca en una superficie plana y lisa, este molde se inmoviliza pisando sus aletas, generando así un sello contra la superficie plana. Seguido a ello se coloca una capa de concreto a $1/3$ de la altura del molde, compactándolo con la varilla lisa de $5/8''$, aplicando 25 golpes por capa.

Seguido a la primera capa, otras dos capas, con el mismo procedimiento, aplicando 25 golpes, uniformemente distribuidos, por capa. Al terminar la última capa, se enraza.

Cuidadosamente se liberan las aletas, sosteniendo en todo momento el cono, luego se retira verticalmente el cono en un periodo máximo de 5 segundos hasta su remoción total.

La diferencia entre la altura del molde y la del concreto asentado se denomina SLUMP.

La medida se realizará a la altura media de la cara libre del cono, con una aproximación de 5 milímetros. El tiempo de operación de este método deberá ser como máximo 2 minutos.

A.2. Resultado del ensayo para determinar el asentamiento del concreto

Luego de haber realizado el mezclado del concreto se procedió a tomar una muestra del mismo y a ejecutar el ensayo antes descrito. El resultado se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 18

Resultado de la medición de slump

Método de diseño ACI				
f'c = 210 kg/cm ²				
Descripción	Relación a/c	Agua (l/m ³)	SLUM	Asentamiento
Muestra 1	0,558	185,6	3" @ 4"	7,5 cm (3")

Fuente: Elaboración propia

Para evidenciar el proceso de mezcla y ensayo ejecutado se capturaron las siguientes figuras.



Figura 10. Dosificación de los agregados

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Mezcla de concreto

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Muestreo del concreto

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Determinación del asentamiento (Slump)

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

B. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire concreto. NTP 339.046: 2008 (2013)

El peso unitario del concreto fresco es el peso varillado del mismo, este ensayo busca determinar el peso unitario del concreto fresco, se expresa en kg/m^3 .

Así como vimos en la *tabla 7: Clasificación del concreto*, el concreto se divide por pesos específicos en concretos livianos, normales y pesados, determinar el peso unitario del concreto nos dará una idea de qué tipo de concreto tenemos. Pero principalmente, el peso unitario del concreto se utiliza para comprobar el rendimiento de la mezcla.

B. 1. Procedimiento de ensayo

Una vez preparado el concreto se toma una muestra representativa y se procede a llenar el molde ($\frac{1}{2}$ pie³ de capacidad). El llenado del molde será en capas de $\frac{1}{3}$, a su vez, cada capa será compactada con 25 golpes, en forma espiral, con la varilla

lisa de 5/8", y se golpeará ligeramente las paredes del molde con la misma varilla, con la finalidad de eliminar vacíos de la mezcla.

La superficie se alisa, y se procede a limpiar exteriormente el molde para evitar un error en el peso.

El peso unitario se calcula de la siguiente manera, primero se encuentra el factor de calibración de recipiente "f" como se observa en la Ecuación 1.

Luego, con la Ecuación 2 se procede a calcular el peso unitario del concreto fresco.

$$f = \frac{1000}{W_a} \quad \text{Ecuación..... (1)}$$

$$P.U. = f * W_c \quad \text{Ecuación..... (2)}$$

Dónde:

W_a = Peso del agua, en kg

W_c = Peso del concreto neto, en kg

f = Factor de calibración del recipiente, m³

$P.U.$ = Peso unitario del concreto en kg/m³

B.2. Resultados obtenidos

Luego de haber realizado el mezclado del concreto se procedió a tomar una muestra del mismo y a ejecutar el ensayo antes descrito. El cálculo se realizó con las ecuaciones antes mencionadas y se detalla mediante la tabla mostrada.

Tabla 19*Cálculo del peso unitario compactado del concreto fresco*

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra compactada + recipiente		18,7	kg
Peso del recipiente		2,45	kg
Peso de la muestra compactada	Wc	16,25	kg
Peso del agua + recipiente		9,5	kg
Peso del agua	Wa	7,05	kg
Factor de calibración del recipiente	<i>f</i>	141,8	m ³
Peso Unitario Compactado	P.U.	2305	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Para evidenciar el ensayo ejecutado se capturaron las siguientes figuras, en la primera se puede observar los instrumentos usados (molde calibrado, barra o varilla lisa, y regla metálica para enrasado), y en la segunda el pesaje del concreto en estado fresco.

*Figura 14. Determinación de P.U. del concreto fresco**Nota:* Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

C. Otros ensayos al concreto en estado fresco

Debido a que el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción no cuentan con los equipos e instrumentos adecuados no se pueden realizar ensayos adicionales. Por ello, se elabora una tabla de ensayos relacionados al concreto fresco.

Tabla 20

Ensayos relacionados al concreto fresco

Ensayo	Norma
Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico	ASTM C 143 : 2015
Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire concreto	NTP 339.046 : 2008
Método para la determinación del factor de compactación	BS 1881: PART 103: 1993
Método para la determinación del tiempo Vebe.	BS 1881: PART 104:1983
Método para la determinación del flujo (mesa de flujo)	BS 1881: PART 105:1984
Prueba de penetración de la bola	ASTM C 360: 1992
Método de prueba estándar para el contenido de aire de concreto recién mezclado por el método de presión	ASTM C 231: 2017
Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración	NTP 339.082: 2011
Método de ensayo para la determinación de un índice de consistencia de hormigones frescos, por el método de la mesa de sacudidas	NTP 339.085: 1981
Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto	NTP 339.077: 2013
Método de Ensayo Normalizado de Temperatura de Concreto de Cemento Hidráulico recién Mezclado	ASTM C 1064: 2012

Nota: Elaborado con información recuperada de la página web de INACAL, 2016
Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Ensayos al concreto en estado endurecido

A. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. NTP 339.034: 2015

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos en compresión. Esta capacidad depende, en su mayoría, de la concentración de la pasta de cemento.

Esta propiedad, además de ser afectada por los factores que influyen en la resistencia de la pasta, como lo son la temperatura y el tiempo, también es afectada por la calidad de los agregados que constituyen la estructura del concreto. Adicional a esto, el curado es otro factor que puede llegar a afectar la resistencia del concreto, ya que en el curado se complementa el proceso de hidratación.

A.1. Procedimiento de ensayo

El procedimiento es muy simple, aunque laborioso, consiste en elaborar probetas cilíndricas de 15 cm por 30 cm, dejarlas curar el tiempo necesario (7, 14, 28 y 42 días), extraerlas del proceso de curado y dejarlas secar por un periodo de 3 horas aproximadamente, luego se procede a la toma de datos de la probeta (diámetro, fecha de vaciado, longitud, diseño $f'c$, etc.).

Una vez realizado todo lo dicho anteriormente se procede a ensayar la probeta en la máquina compresora.

Aspectos fundamentales a tomar en cuenta:

- Uno de los cabezales de aplicación de carga debe ser rotulado
- La probeta debe de colocarse muy bien centrado en el equipo
- La aplicación de la velocidad de carga debe ser constante (20 a 50 lb /pulg² /s)

La lectura de carga máxima que se obtiene del equipo compresor es la carga máxima que soporta dicho testigo en compresión.

Para calcular el $f'c$ del concreto se divide la carga máxima entre el área de aplicación de la fuerza, como se aprecia en la Ecuación 3.

$$f'c = \frac{4 \times P}{\pi \times d^2} \quad \text{Ecuación..... (3)}$$

Dónde:

$f'c$: Resistencia de rotura a la compresión (kg/cm²)

P: Carga máxima de rotura (kg)

d: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

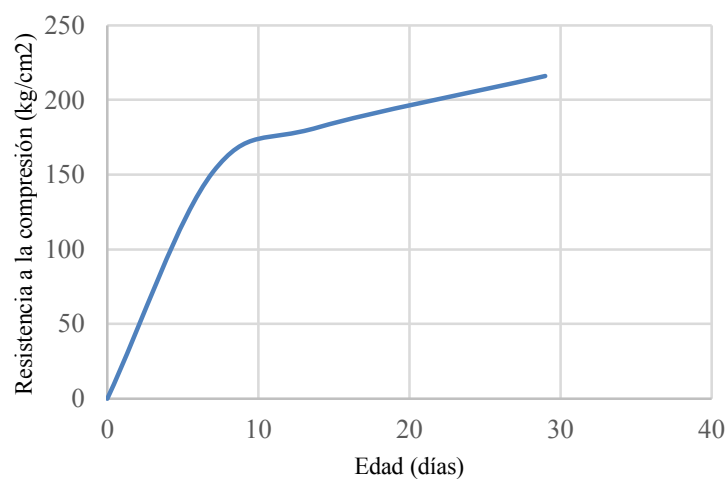
A.2. Resultados obtenidos

Luego del proceso de conformación y curado de los testigos de concreto, se procede a hacer la rotura de los mismos, estas roturas de los testigos dan como resultado la siguiente tabla, y a partir de esta, se elaboró la figura 15, la cual representa la evolución de la resistencia versus la edad del concreto.

Tabla 21*Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión*

Probeta	DISEÑO		FECHA		DATO		Resistencia	%
	f c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	EDAD	carga (kg)	Diámetro (cm)	f c (kg/cm ²)	
1	210	03/04/2017	10/04/2017	7	27030	15,10	150,94	71,88
2	210	03/04/2017	10/04/2017	7	26960	15,00	152,56	72,65
3	210	03/04/2017	17/04/2017	14	32820	15,15	182,06	86,70
4	210	03/04/2017	17/04/2017	14	32900	15,20	181,31	86,34
5	210	03/04/2017	02/05/2017	29	38510	15,05	216,48	103,08
6	210	03/04/2017	02/05/2017	29	39080	15,20	215,37	102,56

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión con respecto a la edad*Figura 15. Edad versus resistencia a la compresión del concreto*

Fuente: Elaboración propia

Las figuras mostradas líneas abajo corresponden a la rotura de testigos, en ella se observa la colocación y su posterior rotura.



Figura 16. Ensayo de resistencia a la compresión

Nota: Ensayo realizado en el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

B. Otros ensayos al concreto endurecido

Debido a que el laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción no cuenta con los equipos e instrumentos adecuados no se pueden realizar ensayos adicionales. Por ello, se elabora una tabla de ensayos relacionados al concreto endurecido.

Tabla 22

Ensayos relacionados al concreto endurecido

ENSAYO	NORMA
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.	NTP 339.034: 2015
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica	NTP 339.084: 2012
Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	NTP 339.078: 2012
Método de Prueba Estándar para el Módulo Elástico de Elasticidad y la Relación de Poisson del Concreto en Compresión	ASTM C 469: 2014
Método de prueba estándar para densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.	ASTM C 642: 2013
Método de prueba estándar para la resistencia del concreto a la congelación y descongelación rápida	ASTM C 666: 2015

Nota: Elaborado con información recuperada de la página web de INACAL, 2016
Fuente: Elaboración propia

3.3 Representación de resultados

3.3.1. De los agregados finos

En la tabla mostrada a continuación, podemos observar el consolidado de ensayos realizados al agregado fino y una breve interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 23

Resultados obtenidos de los ensayos al agregado fino

Propiedad Física	Resultado	Interpretación
Contenido de Humedad	6,67 %	El contenido de agua del agregado fino es bueno, de tal manera que el material no tomara agua de la pasta
Peso Unitario Suelto	1,593 gr/cm ³	Se encuentra un poco más arriba de los valores normales (1,4 -1,5 gr/cm ³). Lo cual indica un agregado más pesado por unidad de volumen lo que nos indica una arena pesada
Peso Unitario Compactado	1,759 gr/cm ³	Se encuentra un poco más arriba de los valores normales (1,5 - 1,6 gr/cm ³). Como vimos anterior mente esto nos indica una arena pesada
Peso Especifico	2,537 gr/cm ³	Clasifica como un agregado normal (2,5 a 2,75 gr/cm ³)
Absorción	3,93 %	Tiene una absorción normal, la cual, en comparación con su humedad, no tomara agua de la pasta
Módulo de Fineza	3,17	El módulo de fineza es alto, nos ayudara a obtener un concreto con mayor resistencia a la compresión
Mat. > malla Nro. 200	3,89	Bajo contenido de finos, < 5 %
Granulometría	Tabla 15	Mediante la curva granulométrica podemos identificar que se trata de una arena que cumple con los límites máximos y mínimos permisibles

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. De los agregados gruesos

En la siguiente tabla, podemos observar el consolidado de ensayos realizados al agregado grueso y una breve interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 24
Resultados obtenidos de los ensayos al agregado grueso

Propiedad Física	Resultado	Interpretación
Contenido de Humedad	0,59 %	El contenido de agua del agregado grueso es más bajo que su absorción, esto indicara una corrección en el diseño de mezclas
Peso Unitario Suelto	1,355 gr/cm ³	Tiene un Peso Unitario Suelto bajo, valores normales (1,5 -1,6 gr/cm ³). Esto debido a que es un agregado chancado en su mayoría
Peso Unitario Compactado	1,492 gr/cm ³	Debido a que es un agregado chancado tiene un PUC un poco bajo (1,6 - 1,9 gr/cm ³). Esto nos indicara que tendrá más vacíos, y que necesitara más pasta
Peso Especifico	2,573 gr/cm ³	Clasifica como un agregado normal (2,5 a 2,75 gr/cm ³)
Absorción	2,04 %	Tiene una absorción normal, la cual no tomara agua de la pasta
Tamaño Máximo	1 ½ ”	Tamaño máximo de piedra
Tamaño Máximo Nominal	1 ”	Tamaño máximo nominal de 1". Con este dato se determinara la cantidad de agua
Granulometría	Tabla 16.	La granulometría del agregado grueso cumple con los límites establecidos por la norma ASTM C 33. El agregado grueso tiene presencia de partículas de forma angular y rugosa

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. De los ensayos al concreto fresco

Líneas abajo se presenta una tabla con los ensayos realizados y una breve interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 25
Resultados obtenidos de los ensayos al concreto fresco

Ensayo	Resultado	Interpretación
Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland	7.5 cm (3'')	-Se encuentra en el rango de mezclas de consistencia plástica -Se obtuvo un resultado según lo diseñado, eso nos indica una buena dosificación de agua
Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire concreto	2305 kg/m ³	-Se encuentra en el rango de los concretos normales -Con este dato podemos llevar el control de producción y avance en obra

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. De los ensayos al concreto endurecido

En la tabla mostrada a continuación, podemos observar el ensayo realizado al concreto endurecido y una breve interpretación del resultado obtenido.

Tabla 26
Resultados obtenidos de los ensayos al concreto endurecido

Ensayo	Resultado	Interpretación
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	f _c Promedio f _c = 152 kg/cm ² (7 días) f _c = 182 kg/cm ² (14 días) f _c = 216 kg/cm ² (29 días)	-Los resultados nos indican un buen aumento de resistencia -Cumple con los requisitos del diseño

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Primera. Se estudiaron las propiedades del concreto, de ello se deduce que, la tecnología del concreto ha avanzado; pero aún no lo suficiente, por lo cual, aun no podemos realizar un solo ensayo para predecir su comportamiento o encontrar sus propiedades en estado fresco o endurecido. Por ello, siempre debemos realizar un seguimiento de los parámetros inherentes al concreto en dichos estados.

Segunda. Se identificaron las propiedades del concreto tal como consta en la sección 3.1.3.1 *Propiedades del concreto en estado fresco* y en la sección 3.1.3.2 *Propiedades del concreto en estado endurecido*, siendo las características más conocidas; la trabajabilidad, la segregación, la exudación, la temperatura, la resistencia a la tracción y la resistencia a compresión.

Tercera. Se realizaron los ensayos a) la medición del asentamiento, con resultado de 75 mm, resultado que denota una consistencia plástica, b) Densidad del concreto en estado fresco, con resultado de 2305 kg/m³, dentro del rango de los concretos normales, y c) la resistencia a la compresión, con resultado de $f'c$ 216 kg/cm² a los 29 días, cumple con el diseño ACI del concreto para un $f'c$ 210 kg/cm².

Cuarta. Se elaboraron dos tablas que sintetizan los ensayos requeridos para identificar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, tablas que serán una ayuda practica para cualquier entendido en el tema. Estas son, La *Tabla 20. Ensayos relacionados al concreto fresco* y la *Tabla 22. Ensayos relacionados al concreto endurecido*, que se encuentran en el *Capítulo III: Desarrollo del tema*.

4.2. Recomendaciones

Primera. El estudio del concreto está en constante actualización, y en este tiempo de descubrimiento de nuevos materiales, debemos estar actualizados para saber cómo interactúan y se benefician mutuamente.

Segunda. Para identificar mejor las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, se necesitan equipos especializados. Se recomienda que se invierta en la actualización y adquisición de nuevos equipos, además, de contratar y capacitar al personal a cargo de ellos.

Tercera. Se recomienda la adquisición y actualización de las normas mencionadas, estas son de gran ayuda en la investigación y ejecución de los ensayos, la aplicación de normas antiguas puede variar los resultados en gran medida.

Cuarta. Mantenerse a la vanguardia e investigar los nuevos materiales e insumos relacionados al campo de la tecnología del concreto y analizar cómo interactúan en nuestro medio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI Committee. (2009). *ACI 211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. USA: American Concrete Institute.

Adam, N., & Brooks, J. J. (1998). *Tecnología del concreto*. Inglaterra: Trillas (version española).

ASTM . (2014). *ASTM C 469: Método de Prueba Estándar para el Módulo Elástico de Elasticidad y la Relación de Poisson del Concreto en Compresión*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

ASTM . (2017). *ASTM C 231: Método de prueba estándar para el contenido de aire de concreto recién mezclado por el método de presión*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

ASTM. (1992). *ASTM C 360: Prueba de penetración de la bola*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

ASTM. (2012). *ASTM C 1064: Método de Ensayo Normalizado de Temperatura de Concreto de Cemento Hidráulico recién Mezclado*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

ASTM. (2013). *ASTM C 642: Método de prueba estándar para densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

ASTM. (2015). *ASTM C 666: Método de prueba estándar para la resistencia del concreto a la congelación y descongelación rápida*. USA: ASTM INTERNATIONAL.

- ASTM. (2015). *ASTM C143: Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico*. USA: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2016). *ASTM C494: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto*. USA: ASTM INTERNATIONAL.
- British Standard . (1983). *BS 1881: PART 104: Prueba del factor de compactación*. UK: BSI Corporate.
- British Standard. (1984). *BS 1881: PART 105: Prueba de la mesa de flujo*. UK: BSI Corporate.
- BS 1881: PART 103. (1983). *Testing concrete. Method for determination of compacting factor*. UK: BSI.
- Cachay, R., & Torres, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima - Perú: UNI.
- INACAL. (2016). *Instituto Nacional de Calidad*. Retrieved from https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/home_tienda.aspx?PFL=0
- Normas Técnicas Peruanas . (2008). *NTP 339.046: Método de ensayo para determinar la densidad, rendimiento y contenido de aire en concreto fresco*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas . (2008). *NTP 400.011: AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Tecnicas Peruanas . (2011). *NTP 334.001: Cementos. Definiciones y nomenclatura*. LIMA: INDECOPI.

- Normas Técnicas Peruanas. (1981). *NTP 339.085: Método de ensayo para la determinación de un índice de consistencia de hormigones frescos, por el método de la mesa de sacudidas*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2011). *NTP 339.082: Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2011). *NTP 400.010: Extracción y preparación de las muestra*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2011). *NTP 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2012). *NTP 339.078: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2012). *NTP 339.084: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 339.077: Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. LIMA: INDECOPI.

- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 400.018: Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado Grueso*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2013). *NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2015). *NTP 334.088: CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2015). *NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. LIMA: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas. (2015). *NTP 400.043: Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo*. LIMA: INDECOPI.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
- Sitio web. (2010). *Ingeniero de caminos*. Retrieved from <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04>