

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**TITULO PROFESIONAL**  
**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“ESTUDIO DE LA DENSIDAD, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN, Y VACÍOS DEL  
CONCRETO CEMENTO – ARENA EMPLEANDO LA NORMA ASTM C 642, IQUITOS -  
2021”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**BACH. ÁLVAREZ HILORIO, STEFANY SMITH  
BACH. CORIAT ZAVALA, CHRISTIAN GERARD**

**ASESOR:**

**M.SC. ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA**

**San Juan Bautista – Loreto – Maynas –Perú**

**2021**

## DEDICATORIA

Este proyecto profesional está dedicado a los  
pilares de nuestras vidas:  
Nuestras familias.

*STEFANY SMITH ALVAREZ HILORIO*  
*CHRISTIAN GERARD CORIAT ZAVALA*

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Ulises Octavio Irigoien Cabrera por su asesoramiento constante durante la ejecución del trabajo y amistad durante todo el trabajo.

A nuestros padres por el apoyo incondicional en lo educativo, moral y económico, demás familiares y amigos que directa o indirectamente nos brindaron su apoyo incondicional en esta bonita etapa de nuestras vidas.

A la Universidad Científica del Perú, por permitirnos el uso del laboratorio de Ensayo de Materiales, para desarrollar nuestro proyecto.

## CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO



*"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"*

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

El Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

**"ESTUDIO DE LA DENSIDAD, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN, Y VACÍOS DEL  
CONCRETO CEMENTO – ARENA EMPLEANDO LA NORMA ASTM C 642,  
IQUITOS - 2021"**

De los alumnos: **ÁLVAREZ HILORIO STEFANY SMITH Y CORIAT ZAVALITA  
CHRISTIAN GERARD**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó  
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje  
de **14%** de plagio.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que  
estime conveniente.

San Juan, 7 de julio del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

CRA/H-a  
209-2021

# ACTA DE SUSTENTACIÓN



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

**FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Con Resolución Decanal N° 429 -2021- UCP - FCEI del 16 de julio de 2021, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc. Presidente
- Ing. Jeffrey Stefano Arévalo Flores, Mg. Miembro
- Lic. Nerea Gallardo Sánchez, Mg. Miembro

Como Asesor: **Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, MSc.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10.30 horas del día 24 de julio del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaria Académica del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional: **“ESTUDIO DE LA DENSIDAD, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN, Y VACÍOS DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA EMPLEANDO LA NORMA ASTM C 642, IQUITOS - 2021”**.

Presentado por los sustentantes:


**STEFANY SMITH ÁLVAREZ HILORIO  
Y  
CHRISTIAN GERARD CORIAT ZAVALETA**


Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**


Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**  
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

  
JEFFREY STEFANO ARÉVALO FLORES  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 14971  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

Contáctanos:

**Iquitos – Perú**  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

**Filial Tarapoto – Perú**  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagnon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

## FIRMA DE JURADOS Y ASESOR (ES)

Trabajo de Suficiencia Profesional sustentada en acto virtual el día 24 de julio del 2021 a las 10:30 a.m.



---

**M.Sc. ING. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE**  
PRESIDENTE DEL JURADO



JEFREÉ S. ARÉVALO FLORES  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 163914

---

**Mg. Ing. JEFREE STEFANO ARÉVALO FLORES**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**Mg. Lic. NEREA GALLARDO SÁNCHEZ**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**M.SC. ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA**  
ASESOR

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO .....	iii
ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	iv
FIRMA DE JURADOS Y ASESOR (ES).....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	viii
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Antecedentes del estudio .....	3
1.2. Bases teóricas.....	5
1.2.1. Densidad .....	5
1.2.2. Absorción de los agregados .....	5
1.2.3. Cemento portland.....	6
1.2.3.1. Fases del proceso de hidratación del cemento portland.....	7
1.2.3.2. Peso unitario: (Norma Técnica Peruana 400.017), (ASTM C – 29).....	9
1.2.3.3. Peso Unitario Suelto.....	9
1.2.4. Mortero.....	17
1.2.4.1. Morteros premezclados húmedos .....	18
1.2.4.2. Morteros premezclados secos .....	18
1.2.4.3. Morteros para mampostería.....	18
1.2.4.4. Clasificación de los morteros de mampostería .....	19
a) Características del mortero tipo M .....	19
b) Características del mortero tipo S.....	20
c) Características del mortero tipo N .....	20
d) Características del mortero tipo O.....	20

1.2.5.	Concreto.....	21
1.2.5.1.	Diseño de mezcla (Método ACI para diseño de mezclas de concreto) .	22
1.2.5.2.	Ensayo al concreto fresco .....	29
1.2.5.3.	Ensayo al concreto endurecido .....	31
1.2.5.4.	Porosidad en el concreto .....	34
1.2.6.	Norma (ASTM C 642) Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.....	37
1.2.7.	Agua.....	39
1.3.	Definición de términos básicos .....	41
a)	Concreto cemento-arena .....	41
b)	Influencia.....	41
c)	Agregado Fino.....	42
d)	Peso Específico.....	42
e)	Peso Específico de la Masa (PEmasa).....	42
f)	Peso Específico de la Masa Saturado – Superficialmente Seco (PESSS) .....	42
g)	Resistencia a la compresión .....	42
h)	Contenido de Aire .....	43
CAPÍTULO II.....		44
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	44
2.1.	Descripción del Problema.....	44
2.2.	Formulación del Problema.....	45
2.2.1.	Problema general.....	45
2.2.2.	Problemas específicos .....	45
2.3.	Objetivos .....	46
2.3.1.	Objetivo general.....	46
2.3.2.	Objetivos específicos .....	46
2.4.	Hipótesis .....	46
2.5.	Variables .....	46
2.5.1.	Identificación de las variables.....	46
2.5.2.	Definición conceptual de las variables.....	46
2.5.3.	Operacionalización de las variables .....	48
CAPÍTULO III.....		49
3.	Metodología .....	49



3.1.	Tipo y diseño de investigación.....	49
3.1.1.	Tipo de investigación.....	49
3.1.2.	Diseño de estudio.....	49
3.2.	Población y muestra.....	49
3.2.1.	Población.....	49
3.2.2.	Muestra.....	49
3.3.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	50
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos.....	50
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	50
3.3.3.	Procedimientos de recolección de datos.....	50
3.4.	Materiales.....	50
a)	Cemento.....	50
b)	Agregados.....	53
3.5.	Metodología de ensayos.....	55
3.5.1.	Diseño de mezclas.....	56
3.5.2.	Ensayos en el Laboratorio.....	57
3.5.3.	Norma empleada para los ensayos en el laboratorio: (ASTM C 642) Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.....	57
3.5.4.	Norma (ASTM C 39) Resistencia a la compresión.....	65
3.5.5.	Norma ASTM C 138 Contenido de aire del concreto.....	65
3.5.6.	Norma ASTM C 1064 Temperatura del concreto fresco.....	66
CAPÍTULO IV.....		67
4.	RESULTADOS.....	67
4.1.	Propiedades físicas del agregado fino.....	67
4.2.	Diseños de mezclas y propiedades al estado fresco.....	68
4.3.	Resultados de Ensayo a Compresión.....	69
4.4.	Resultados de ensayo de densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido. .....	71
CAPÍTULO V.....		77
5.	DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1.	Discusiones.....	77
5.2.	Conclusiones.....	81
5.3.	Recomendaciones.....	83
Referencias Bibliográficas.....		84
Anexos.....		89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Clasificación del Mortero de acuerdo a su masa unitaria (Saba, 2006). .....	5
Tabla N° 02: Compuestos principales del cemento portland (Zuñiga, 2013) .....	6
Tabla N° 03: Límites granulométricos según (Norma Técnica Peruana 400.037), (ASTM C 33) .....	15
Tabla N° 04: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción (ACI 211)	23
Tabla N° 05: Requerimientos de agua aproximado de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado (ACI 211).....	25
Tabla N° 06: Relaciones entre la relación Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto (ACI 211) .....	26
Tabla N° 07: Relaciones Agua/Cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas (ACI 211). .....	26
Tabla N° 08: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto (ACI 211)	27
Tabla N° 09: Cálculo tentativo del peso del concreto fresco (ACI 211) .....	28
Tabla N° 10: La calidad de un concreto por absorción .....	33
Tabla N° 11: La calidad de un concreto por porosidad .....	34
Tabla N° 12: Límite permisible del agua .....	40
Tabla N° 13: Contenido de aire atrapado en un concreto convencional (Tabla ACI 211) .	43
Tabla N° 14: Operacionalización de las variables .....	48
Tabla N° 15: Requisitos físicos y químicos del cemento portland tipo GU.....	53
Tabla N° 16: Normas empleadas para la determinación de las propiedades físicas del agregado fino.....	54
Tabla N° 17: Resultado del análisis granulométrico del agregado fino (1).....	67
Tabla N° 18: Límites granulométricos para arenas gruesas (grupo C), arenas medias (grupo M) y arenas finas (grupo F) (Rivva López, E., 2004).....	68
Tabla N° 19: Propiedades del agregado fino.....	68

Tabla N° 20: Resumen de los pesos secos de los materiales empleados en cada diseño de mezcla. ....	68
Tabla N° 21: Propiedades al estado fresco de las mezclas empleadas. ....	69
Tabla N° 22: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.60 a edades de 7 y 28 días.....	69
Tabla N° 23: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.....	70
Tabla N° 24: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.....	70
Tabla N° 25: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.60 a edades de 7 y 28 días.....	72
Tabla N° 26: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.....	72
Tabla N° 27: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.70 a edades de 7 y 28 días.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Representación de fase plástica del cemento. (Huamán, 2015).....	7
Figura N° 02: Comienzo de fase de endurecimiento. (Huamán, 2015).....	8
Figura N° 03: Fase final de endurecimiento. (Huamán, 2015).....	8
.....	33
Figura N° 04: Rango dimensional de sólidos y de poros en una pasta de cemento hidratada .....	37
Figura N° 05: Determinación de masa antes de entrar al horno.....	59
Figura N° 06: Secado al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por no menos de 24h. ...	59
Figura N° 07: Muestras sumergidas en agua por 48h .....	60
Figura N° 08: Determinación del peso después de estar sumergido 48h en agua .....	61
Figura N° 09: Hirviendo muestras por 5h .....	62

Figura N° 10: Muestras después de ser hervidas.....	62
Figura N° 11: Peso de las muestras después de ser hervidas .....	63
Figura N° 12: Masa sumergida aparente de las muestras.....	64

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico N° 01: Curva de resistencia promedio ( $\text{kg/cm}^2$ ) vs edad curado (días). .....	71
Gráfico N° 02: Curva de densidad seca promedio ( $\text{g/cm}^3$ ) vs edad (días). .....	73
Gráfico N° 03: Curva de absorción promedio después de inmersión (%) vs edad (días)..	74
Gráfico N° 04: Curva de absorción promedio después de inmersión y ebullición (%) vs edad (días). .....	75
Gráfico N° 05: Curva de porosidad promedio vs relación agua-cemento .....	76
Gráfico N° 06: Curva de porosidad promedio vs resistencia a la compresión .....	76

## RESUMEN

Estudio de la densidad, porcentaje de absorción, y vacíos del concreto cemento – arena empleando la norma ASTM C 642, Iquitos - 2021

Para el concreto cemento – arena cuyo uso predomina en la Selva Baja peruana, no existían estudios que evalúen las propiedades en estado endurecido de densidad, porcentaje de absorción y porosidad (porcentaje de vacíos), razón que justificó la realización de la presente investigación.

Como materiales se utilizó arena fina de 1.27 de módulo de finura, cemento portland tipo GU (APU). Se elaboró 36 especímenes de concreto cemento – arena, de 4"x8", preparados para 0.60, 0.65 y 0.70 de relaciones agua/cemento. Para determinar la resistencia a la compresión se utilizó la norma ASTM C 39, efectuándose la rotura de 5 especímenes por cada relación agua/cemento, a los 7 y 28 días. Para la determinación de la densidad, porcentaje de absorción y porosidad se empleó la norma ASTM C 642, efectuándose cada uno de estos ensayos en un solo espécimen a los 7 y 28 días. Y la realización de los ensayos complementarios para determinar el contenido de aire del concreto y la temperatura del concreto en estado recién mezclado mediante las normas ASTM C 138 y ASTM C 1064 respectivamente.

De los resultados obtenidos, se puede concluir que, a mayor relación a/c, el concreto cemento – arena adquiere semejante densidad que el concreto normalizado, pero mayor absorción y porosidad, asimismo, menor resistencia a la compresión. Del análisis de los fragmentos resultantes de la rotura de cada probeta, la parte superior presentó baja densidad, alta absorción y alta porosidad, y, el fragmento inferior resultó poseer una mayor densidad, pero baja absorción y baja porosidad.

**Palabras clave:** Densidad, absorción, vacíos (porosidad).

## ABSTRACT

Study of the density, absorption percentage, and voids of cement-sand concrete using the ASTM C 642 standard, Iquitos - 2021

For cement-sand concrete, the use of which predominates in the Peruvian Low Forest, there were no studies evaluating the properties in the hardened state of density, percentage of absorption and porosity (percentage of voids), a reason that justified the conduct of the present investigation.

The materials used were fine sand with a modulus of fineness of 1.27, portland cement type GU (APU). 36 4 "x8" cement-sand concrete specimens were made, prepared for 0.60, 0.65 and 0.70 water / cement ratios. To determine the compressive strength, the ASTM C 39 standard was used, breaking 5 specimens for each water / cement ratio, at 7 and 28 days. For the determination of density, absorption percentage and porosity, the ASTM C 642 standard was used, each of these tests being carried out on a single specimen at 7 and 28 days. And the performance of complementary tests to determine the air content of the concrete and the temperature of the concrete in the freshly mixed state by means of the ASTM C 138 and ASTM C 1064 standards respectively.

From the results obtained, it can be concluded that, with a higher w / c ratio, cement-sand concrete acquires a similar density than normalized concrete, but greater absorption and porosity, as well as lower resistance to compression. From the analysis of the fragments resulting from the breakage of each specimen, the upper part presented low density, high absorption and high porosity, and the lower fragment turned out to have a higher density, but low absorption and low porosity.

Keywords: Density, absorption, voids (porosity).

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes del estudio

(Bautista, 2019), en su tesis para optar el grado de Magister en Comunicación y desarrollo sostenible denominada “La permeabilidad al agua en el concreto cemento – arena. Indicador durabilidad, Iquitos - 2019”, realizó el ensayo de permeabilidad (33 probetas de 15cm x 15cm de concreto cemento – arena de relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75) según norma colombiana NTC 4483 y el ensayo de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido según la norma ASTM C 642, obteniendo los siguientes resultados:

En las mezclas de relación a/c de 0.55 y 0.66 se obtiene una permeabilidad media, y en las relaciones de 0.70 y 0.75 la permeabilidad es alta. La permeabilidad en el concreto cemento-arena es mayor que un concreto convencional, y la relación existente entre la permeabilidad y la relación agua/cemento es directa.

A mayor relación a/c empleada, se obtiene un mayor volumen de poros permeables (%).

El volumen de poros permeables se reduce de 7 a 28 días.

Para las relaciones a/c 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75 se obtuvo volumen de poros permeables a los 7 días de 19.64%, 20.10%, 21.75% y 22.50%; y para los 28 días de 19.02%, 19.60%, 20.48% y 20.60% respectivamente.

A menor relación a/c empleada, se obtiene una mayor densidad seca. La densidad seca solo aumenta ligeramente de 7 a 28 días.

A mayor relación a/c empleada, se obtiene una mayor absorción después de inmersión. La absorción disminuye ligeramente de 7 a 28 días y también a mayor relación a/c empleada, se obtiene una mayor absorción después de inmersión y ebullición. La absorción disminuye de 7 a 28 días.

A menor relación a/c empleada, se obtiene una mayor resistencia a la compresión en la misma edad del concreto en días.

(Durand Ciudad, 2017), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada "Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017", realizó el ensayo de compresión a probetas cilíndricas de 0.10 m de diámetro y 0.20 m de altura a 28 días de curado bajo norma ASTM C31 y ASTM C39; y se determinó la densidad, absorción y porosidad bajo la norma ASTM C642. Se determinó que el porcentaje óptimo de adición de óxido de calcio es al 4% para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco-endurecido, obteniendo una mezcla plástica, trabajable, con una resistencia máxima de 353 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Asimismo, presentó la mayor densidad, con una mínima porosidad de 4.69% y una absorción de 1.54%.

Además, concluyó que la densidad del concreto con superplastificante aumenta conforme se le adiciona óxido de calcio en porcentajes de 1% al 4%. Porcentajes mayores al 4% ocasionan una disminución de la densidad. Al 4% de adición de óxido de calcio presenta el máximo incremento de densidad de 6.09% respecto al patrón, siendo esta de 2370 kg/m<sup>3</sup>.

La porosidad y absorción del concreto con superplastificante va disminuyendo a medida que se aumenta la cantidad de óxido de calcio en proporciones del 1% al 4%, llegando a tener la mínima porosidad de 4.69% y mínima absorción de 1.54% al 4% de adición de óxido de calcio. A partir del 5% y 6% de adición, la absorción y porosidad empieza a aumentar.

(Díaz Vilca, 2010), En su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil denominada "Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto". Se quiere demostrar que existe una relación entre la resistencia a la compresión y tracción con el logaritmo de la porosidad para diferentes relaciones a/c y diferentes días de curado.

Según el gráfico de absorción después de la inmersión observamos que el porcentaje de absorción tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.

Según el gráfico de absorción después de la inmersión y hervido observamos que el porcentaje de absorción tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.



Según el gráfico de volumen de vacíos el porcentaje de volumen de vacíos tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.

## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. Densidad

Según la norma ASTM C 642, se define como el peso de la unidad de volumen de concreto endurecido. Por lo general la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos. El término densidad significa la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa, este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. (Saba, 2006) La clasificación del mortero de acuerdo a su densidad.

Tipos de Mortero	Masa unitaria (kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	1400 – 1600
Mediano	1600 – 1850
Pesado	1850 – 2200

**Tabla N° 01: Clasificación del Mortero de acuerdo a su masa unitaria (Saba, 2006).**

### 1.2.2. Absorción de los agregados

La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material. La fórmula para el cálculo de la absorción es la siguiente:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Masa sss} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca}} \times 100$$

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación. Por ejemplo, cuando el agregado puede influir en el comportamiento del concreto para soportar heladas, se especifica un agregado con baja absorción (no mayor al 5 %), por el peligro de deterioro en el material debido al congelamiento del agua absorbida en el agregado. La fórmula de cálculo para la absorción de gravas es igualmente aplicable para las arenas. (Constructor Civil, 2010)

### 1.2.3. Cemento portland

Según la norma ASTM C - 150 y la (Norma Técnica Peruana 334.009, 2005), el cemento Portland es conocido como un cemento hidráulico obtenido de la pulverización muy fina del Clinker, que está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico; posteriormente a la calcinación, se le adiciona agua y sulfato de calcio (yeso), es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

La finura de las partículas del cemento es una propiedad importante que hay que controlar cuidadosamente, puesto que la hidratación comienza en la superficie de las partículas de cemento, cuanto más finas sean, mayor será el área superficial y, por tanto, tendrá como resultado un desarrollo más rápido de la resistencia y un calor inicial de hidratación mayor (Mamlouk y Zaniewski, 2009).

Designación	Fórmula	Porcentaje (%)	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	40 a 50	$\text{C}_3\text{S}$
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	20 a 30	$\text{C}_2\text{S}$
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	10 a 15	$\text{C}_3\text{A}$
Ferro aluminato tricálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	5 a 10	$\text{C}_4\text{AF}$

**Tabla N° 02: Compuestos principales del cemento portland (Zuñiga, 2013)**

### 1.2.3.1. Fases del proceso de hidratación del cemento portland

#### - INICIAL

El cemento portland es mezclado con el agua, hidratándose formando una pasta, la primera reacción es rápida con la aparición de geles alrededor de los granos de cemento no hidratado causando el fraguado del cemento. En este momento de la reacción todavía no existen fuerzas que ligen las partículas unas con otras. Esta es la hidratación C3A.

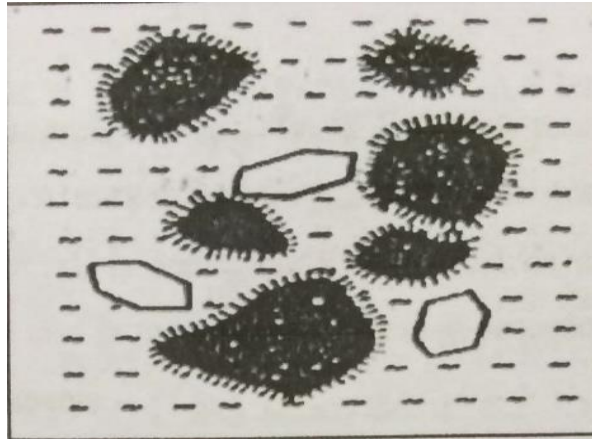
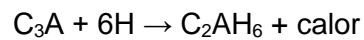


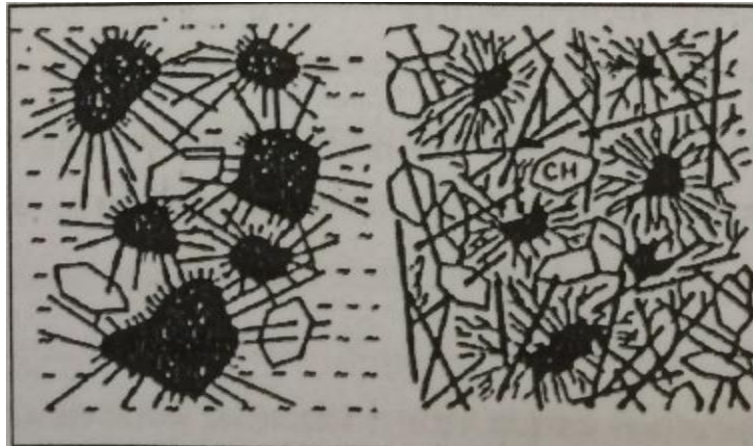
Figura N° 01: Representación de fase plástica del cemento. (Huamán, 2015).

#### - INTERMEDIA

Esta fase se caracteriza se caracteriza por la hidratación del 30 – 40% del silicato tricalcico  $C_3S$  y por el comienzo de la fase de endurecimiento de la pasta. Entre las 3 a 5 horas se puede verificar la aparición de una cierta cohesión en la pasta.

**Esto es la hidratación de  $C_2S$  y  $C_3S$  para formar el gel de tobermorita que es el principal material de unión, el cual ocupa el 70% de la estructura.**



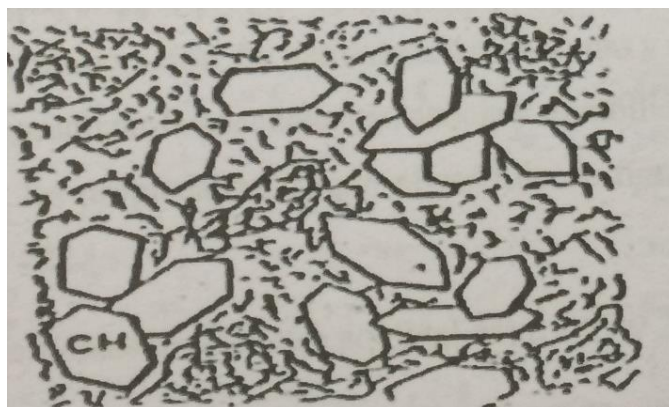


**Figura N° 02: Comienzo de fase de endurecimiento. (Huamán, 2015)**

- **FINAL**

A las 24 h de comenzada la reacción, el  $C_3S$  sigue reaccionando y generando productos internos. A medida que los granos completamente hidratados se van superponiendo entre sí, la resistencia y el módulo de elasticidad de la pasta aumentan. En esta fase la mayoría de los granos pequeños del cemento ya han hidratado completamente.

Los productos externos se vuelven fibrosos y más densos. En esta etapa se encuentran fibras de CSH (Tobermorita) de 1 mm de longitud con un diámetro de 0.01 mm. También se encuentra partículas de CSH en forma de láminas con tamaños del mismo orden de magnitud. El esqueleto básico se forma entre los 7 y los 28 días. (Caldarone, M.A., 2009)



**Figura N° 03: Fase final de endurecimiento. (Huamán, 2015)**

A su vez, nos indica que, el cemento hidráulico se fabrica generalmente a partir de materiales minerales calcáreos y arcilla, tales como aluminio tricálcico que causa el fraguado, silicato tricálcico que produce la resistencia a los 28 días, silicato dicálcico que aporta la resistencia de los 28 días y el yeso que controla el fraguado. El tamaño de sus partículas, está relacionada con la resistencia y endurecimiento de morteros, se tiende a adquirir mayores valores de resistencia a la compresión mientras más fino sea el cemento. (Castañeda, 2013)

### **1.2.3.2. Peso unitario: (Norma Técnica Peruana 400.017), (ASTM C – 29)**

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m<sup>3</sup>. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

### **1.2.3.3. Peso Unitario Suelto**

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

$$PUS = f * W_s$$

donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m<sup>3</sup>)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m<sup>3</sup>)

W<sub>s</sub> = 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

$$PUC = f * W_s$$

donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg / m<sup>3</sup>)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m<sup>3</sup>)

W<sub>c</sub> = 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:** (Norma Técnica Peruana 400.022), **(ASTM C-128)**

El peso específico, gravedad específica o densidad real es la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 g/cm<sup>3</sup>; las arenas húmedas con igual volumen aparente, pesan menos que las secas debido a que recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre un mínimo de 26% para las arenas de granos uniformes y hasta de 55% para las de granos finos (Benites Espinoza, 2011).

**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.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(V - W)}$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm<sup>3</sup>)

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.

$$P.E.M.S.S.S = \frac{500}{(V - W)}$$

donde:

V = Volumen de la fiola (cm<sup>3</sup>)

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.

donde:

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

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm<sup>3</sup>)

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.

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

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 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm<sup>3</sup> 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 °C + 5 °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 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23 °C ± 2 °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 °C ± 2 °C.

Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup>, 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 °C a 110 °C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1½ h y se pesa.

**Contenido de humedad:** (Norma Técnica Peruana 339.185), **(ASTM C-566)**

Diferencia entre el peso del agregado fino natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C por un periodo de 24 horas, multiplicado por 100. Físicamente es la cantidad de agua que contiene el agregado fino.

$$H = \frac{A - B}{B} * 100$$

donde:

H = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

**Granulometría del agregado Fino:** (Norma Técnica Peruana 400.012)

Ésta se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de granos de arena del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 de la serie Tyler; correspondiendo a la fracción que pasa la N° 200 la que tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, por afectar a la resistencia. La granulometría deberá ser

preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas entre la N° 4 y la 100 de la serie Tyler; y, no debiéndose retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, especialmente de la granulometría y otras características de la arena; y, como no se puede modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal, entonces, se dirige al control de su homogeneidad (Ari, I., 2002). El ensayo de granulometría del agregado fino se efectuará bajo la Norma Técnica NTP 400.012. Los límites de distribución granulométrica según la Norma Técnica NTP 400.037 y la Norma ASTM C – 33, se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla N° 03: Límites granulométricos según (Norma Técnica Peruana 400.037), (ASTM C 33)**

<b>Malla</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
9.5 mm (3/8 – in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	5 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma NTP-2014

**Módulo de finura:** (Norma Técnica Peruana 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Según la Norma Técnica NTP.400.011 se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la interpretación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reduce

segregación y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia; además, la norma establece que la arena debe tener un Módulo de Finura no menor de 2.35 ni mayor que 3.15 (Ari, 2002). Según la Norma Técnica NTP 400.011, se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media y más de 3.0 una arena gruesa.

De acuerdo a la ASOCEM, en la apreciación del módulo de finura, se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Benites Espinoza, 2011).

### **Superficie específica**

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado fino por unidad de peso; en su determinación se consideran dos supuestos: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

$$Se = \frac{0.06}{p} \sum_{i=1}^n \frac{Pi}{di}$$

donde:

Se = Superficie específica (cm<sup>2</sup> / g)

Pi = Porcentaje retenido en el tamiz i

di = Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)

P = Peso específico del agregado

**Material que pasa la malla N° 200:** (Norma Técnica Peruana 400.018) Material constituido por arcilla y limo que se presenta recubriendo el agregado grueso o en forma de partículas sueltas mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos

de agua de mezcla; en consecuencia, el ensayo permite determinar, en porcentaje, la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado pétreo.

La ASTM C-117 establece límites para las sustancias perjudiciales; así, por ejemplo, con relación al material más fino que pasa la malla N° 200 indica que éste tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia; por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua/cemento y/o optimizando la granulometría (Benites Espinoza, 2011).

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

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

donde:

A = % que pasa el tamiz N.º 200

P1 = Peso de la muestra (g)

P2 = Peso de la muestra lavada y secada (g)

#### **1.2.4. Mortero**

Mezcla de materiales cementante, agregado fino y agua que sirve generalmente como adhesivo para unir las unidades de albañilería y así, formar un conjunto durable y resistente, para acabados, cimientos y otros usos.

En la construcción, se conoce por mortero a una masa formada por conglomerante, arena y agua, que puede contener además algún aditivo. La mezcla origina una pasta fluida o plástica, que fragua y endurece por las transformaciones químicas que en la misma se dan lugar.

#### **1.2.4.1. Morteros premezclados húmedos**

Son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Puede tratarse de morteros convencionales o morteros de larga vida que permiten su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas de forma que su proceso de fraguado solo se inicia una vez entra en contacto con las unidades de mampostería.

#### **1.2.4.2. Morteros premezclados secos**

Son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en el sitio de la obra, con la adición controlada de agua, siguiendo recomendaciones del fabricante.

#### **1.2.4.3. Morteros para mampostería**

En un muro de mampostería el mortero representa entre 10 y un 20% del volumen total del material: no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de morteros; sus funciones son:

- Función estética: dar acabado al muro, colorido, textura, etc.
- Función estructural:
  - Liga las unidades de mampostería;
  - Sello para impedir penetración de aire y de agua
  - Se adhiere al refuerzo de las juntas a los amarres metálicos y a pernos anclados de modo que los hace actuar conjuntamente.

- De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.

#### **1.2.4.4. Clasificación de los morteros de mampostería**

De acuerdo con la norma ASTM C 270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades o por sus proporciones. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes).

La especificación por propiedades (resistencia a la compresión, retención de agua y contenida de aire), adquiere sentido para efectos de diseño con base en pruebas de laboratorio mas no para morteros mezclados en obra. Se asume que las proporciones establecidas en laboratorio son las que se emplearán al mezclar en obra esperándose del producto un comportamiento satisfactorio.

En la práctica lo recomendable es especificar el mortero con la resistencia más baja, que se ajuste a los requisitos del trabajo. Es importante anotar además que:

- Cuando se especifique un mortero de resistencia baja, éste no puede ser sustituido indiscriminadamente por otro mortero de mayor resistencia.
- No se deben cambiar las proporciones del mortero premezclado diseñado para una obra en particular, ni emplear materiales con características físicas diferentes en la mezcla, a menos que se restablezca su conformidad con los requisitos de la norma.

#### **a) Características del mortero tipo M**

- Es una mezcla de alta resistencia
- Ofrece más durabilidad que otros morteros
- Se recomienda para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores.

- Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc.

#### **b) Características del mortero tipo S**

- Es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar.
- Debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requieran a la vez de una alta característica de adherencia.
- Debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc.

#### **c) Características del mortero tipo N**

- Es un mortero de propósito general, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo.
- Es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones.
- Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- Usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm<sup>2</sup> (1800 psi) de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio. Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado.

#### **d) Características del mortero tipo O**

- Es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal.
- Puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos.
- Son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos
- Por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles.



### 1.2.5. Concreto

El concreto es un material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Díaz Vilca, 2010).

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

De estas definiciones se puede conceptualizar que el concreto es un producto híbrido cuyas características son el resultado de los aportes de las reacciones físico químicas de la interacción de cada componente.

El concreto es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto Castillo, 2009).

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra chancada) y agua. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras (Merrit, Frederick S, 1992).

- **La trabajabilidad:** Es una propiedad muy importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes

y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

- **Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.  
Impermeabilidad: Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.  
Resistencia: Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

#### **1.2.5.1. Diseño de mezcla (Método ACI para diseño de mezclas de concreto)**

El método estudiado en el presente trabajo tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211. El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1m<sup>3</sup> de concreto.

Los factores más importantes que deben considerarse al seleccionar el proporcionamiento de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211), se incluyen en los siguientes pasos:

**Paso 1:** Elección del asentamiento para cumplir los requisitos de trabajo: Cuando no se especifica el asentamiento, puede seleccionarse un valor apropiado para la obra de los que aparecen en Tabla 04.

**Tabla N° 04: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción (ACI 211)**

Tipos de Construcción	Asentamiento, cm	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	8	2
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructuras sencillos	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	8	2

Fuente: Método ACI 211

El revenimiento se puede incrementar cuando se emplee aditivos químicos, siempre que la mezcla de concreto tenga la misma o más baja relación Agua/Cemento y no exhiba segregación o sangrado excesivo. \*También se puede incrementar 2 cm, cuando los métodos de compactación no sean por vibrado.

**Paso 2:** Elección del tamaño máximo del agregado: Los agregados de tamaño máximo o agregados bien graduados tienen menos vacíos que los tamaños pequeños.

Por lo tanto, concretos con tamaños más grandes requieren menos mortero por unidad de volumen del concreto. Generalmente el tamaño máximo del agregado debe ser el más grande que esté económicamente disponible y el que resulte compatible con las dimensiones de la estructura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso debe exceder de 1/5 de la menor dimensión entre los costados de las cimbras, 1/3 del espesor de la losa, ni 3/4 de la separación mínima entre varillas de refuerzo o paquetes de varillas.

**Paso 3:** Determinación del agua de mezclado y contenido de aire: La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido.

En la Tabla 05, aparecen valores estimados del agua de mezclado requerida para concretos hechos con diversos tamaños máximos de agregados, con o sin aire incluido. Dependiendo de la textura y forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación.

Tales diferencias en los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, ya que existen otros factores que compensan y que pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos similarmente bien graduados y de buena calidad, pueden producirse concretos de aproximadamente igual resistencia a la compresión utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua/cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado.

Para el caso de que sea necesario o deseable incluir aire, se señalan tres niveles de contenido de aire para cada tamaño de agregado, los que dependen del propósito de la inclusión de aire y de la severidad de la exposición, si la inclusión de aire está en función de la durabilidad [ACI 211].

**Exposición Ligera:** cuando se desee la inclusión de aire por otros efectos benéficos que no sean la durabilidad, por ejemplo, para mejorar la cohesión o trabajabilidad, o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento, pueden emplearse contenidos de aire inferiores a los necesarios para la durabilidad. Esta exposición incluye servicio interior o exterior en climas en los que el concreto no estará expuesto a agentes de congelación y deshielo.

**Exposición Moderada:** implica el servicio en climas en donde es probable la congelación, pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al agua corriente durante largos periodos antes de la congelación, ni agentes descongelantes u otros productos químicos agresivos.

**Exposición Severa:** el concreto expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien, cuando el concreto pueda resultar altamente saturado por el

contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Ejemplos de estos son: pavimentos, pisos de puentes, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros [ACI 211].

**Tabla N° 05: Requerimientos de agua aproximado de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado (ACI 211)**

Revenimiento, pulgadas	Agua, Kg/m <sup>3</sup> de concreto para tamaño máximo nominal de agregado indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	10	12.5	20	25	40	50	70	150
<b>Concreto sin aire incluido</b>								
De 1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
De 3 a 4	228	216	204	193	181	169	145	124
De 6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Concreto con aire incluido</b>								
De 1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
De 3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
De 6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Método ACI 211

**Paso 4:** Elección de la relación agua/cemento: la relación agua/cemento requerida se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad y las propiedades del acabado. Puesto que los diferentes agregados y cementos generalmente producen distintas resistencias empleando la misma relación agua/cemento, es muy deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales que de hecho van a emplearse. En ausencia de estos datos, pueden tomarse de la tabla N° 06 valores aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Portland Tipo I.

**Tabla N° 06: Relaciones entre la relación Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto (ACI 211)**

Resistencia a la compresión a los 28 días*	Relación agua / cemento (por peso)	
	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
Kg/cm <sup>2</sup>		
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Método ACI 211

Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto conteniendo un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la tabla N° 05 para la relación agua cemento constante. La resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15 x30 cm. El promedio de la resistencia seleccionada en la Tablas N° 06, debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente de error para condición de exposiciones severas, la relación agua cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor. En la Tabla 08, se establecen los valores límites.

**Tabla N° 07: Relaciones Agua/Cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas (ACI 211).**

Tipos de estructuras	Structuras continuas o frecuentemente mojadas y expuestas congelación y deshielo	Structuras expuestas al agua de mar o a sulfatos
	Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm.	0.45
Todas las demás estructuras	0.50	0.45

Fuente: Método ACI 211

**Paso 5:** Cálculo del Contenido de Cemento: la cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en el paso 3 y 4. El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso 3), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 4).

Sin embargo, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento aparte de los requerimientos para la resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

**Paso 6:** Estimación del contenido de agregado grueso: los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales producirán concreto con una trabajabilidad satisfactoria cuando un volumen dado de agregado grueso, seco y varillado, es utilizado por unidad de volumen de concreto.

Valores apropiados de volumen para el agregado grueso están dados en la Tabla 07. Se puede ver que para una trabajabilidad igual, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto depende sólo de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Este volumen se convierte a masa seca del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por la masa unitaria de varillado en seco por metro cúbico de agregado grueso [ACI 211].

**Tabla N° 08: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto (ACI 211)**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
mm	Plg.	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.80	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Método ACI 211

**Paso 7:** Estimación del contenido de agregado fino: al término del paso 6, todos los ingredientes del concreto han sido estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia. Se pueden emplear cualquiera de estos procedimientos: 1.- método por "peso", 2.- método de "volumen absoluto". Si se desea obtener un cálculo

teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cubico, se puede utilizar la siguiente formula:

$$U_m = 10G_a(100 - A) + C_m(1 - G_a/G_c) - W_m(G_a - 1)$$

De donde:

$U_m$  = Peso volumétrico del concreto fresco.

$G_a$  = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados, fino y grueso combinados al granel.

$G_c$  = Peso específico del cemento, por lo general es de 3.15.

$A$  = Contenido de aire, en %.

$W_m$  = Requerimiento de agua de mezclado Kg/m<sup>3</sup>.

$C_m$  = Requerimiento de cemento, Kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla N° 09: Cálculo tentativo del peso del concreto fresco (ACI 211)**

Tamaño máximo del agregado		Calculo tentativo del peso del concreto, Kg/m <sup>3</sup>	
Mm	Plg.	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
9.5	3/8"	2280	2200
12.5	1/2"	2310	2230
19	3/4"	2345	2275
25	1"	2380	2290
37.5	1 1/2"	2410	2350
50	2"	2445	2345
75	3"	2490	2405
150	6"	2530	2435

Fuente: Método ACI 211

En este caso, un procedimiento más exacto para calcular la cantidad de volumen total desplazado por los componentes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se restan del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material.

**Paso 8:** Ajustes por el contenido de humedad del agregado: debe considerarse la humedad del agregado para que pueda pesarse correctamente. Por lo general, los agregados están húmedos, y su peso en seco habrá que incrementar el porcentaje de



agua que contenga, tanto absorbida como superficial. El agua de mezclado que se agrega la mezcla, debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

**Paso 9:** Ajustes en la mezcla de prueba: las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante de mezclas de prueba, fabricaciones y curados de muestras de concreto para pruebas a tensión y compresión en el laboratorio o por medio de mezclas reales en el campo. Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba. Deben verificarse el peso unitario y el rendimiento del concreto, así como el contenido de aire. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada y ausencia de segregación, así como las propiedades del acabado [ACI 211].

#### 1.2.5.2. Ensayo al concreto fresco

**Peso unitario:** (Norma Técnica Peruana 339.046)

El peso unitario es el peso del concreto por metro cúbico para cada relación agua cemento.

$$f = \frac{100}{W_a} \qquad P.U = f * W_c$$

donde:

f = factor de calibración del recipiente (1/m<sup>3</sup>)

W<sub>a</sub> = Peso del agua en kg

PU = Peso unitario del concreto (kg/m<sup>3</sup>)

W<sub>c</sub> = Peso del concreto fresco (kg)

**Rendimiento:** (Norma Técnica Peruana 339.046)

El objetivo es obtener el rendimiento del concreto por bolsa de cemento, se expresa en metros cúbicos.

$$\gamma = \frac{V_h}{N}$$

donde:

Y = Rendimiento (m3)

Vh = Volumen de concreto (m3)

N = Número de bolsas de cemento (Kg)

$$V_h = \frac{N * P_c + P_{a.f} + P_{a.g} + P_a}{P_u}$$

donde:

Pc = Peso de la bolsa de cemento (Kg)

Pa.f. = Peso del agregado fino (Kg)

Pa.g. = Peso del agregado grueso (Kg)

Pa = Peso del agua (Kg)

PU = Peso unitario del concreto (Kg/m3)

**Asentamiento:** (Norma Técnica Peruana 339.035), **(ASTM C – 143)**

La consistencia del concreto fresco es la capacidad de la masa de concreto para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por la variación del contenido de agua en la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. El ensayo para medir la consistencia del cemento se denomina ensayo slump y consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado (Ari, I., 2002).

### **Temperatura del concreto:** (Norma Técnica Peruana 339.184), **(ASTM C1064)**

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condicionan la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo.

El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que este rodeado de mezcla por todos sus lados (al menos 3" y lejos del recipiente que lo contiene), el tiempo mínimo que debe estar introducido el dispositivo medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Se debe efectuar este ensayo dentro de los 5 minutos de tomada la muestra.

#### **1.2.5.3. Ensayo al concreto endurecido**

##### **Resistencia a la compresión:** (Norma Técnica Peruana 339.034)

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia a la compresión es una de las más importantes propiedades, del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Objeto: La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm<sup>2</sup>.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado

antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

donde:

$R_c$  = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos

Por centímetro cuadrado.

$G$  = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

$d$  = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

**Resistencia a la compresión:** (Neville, A., 1999).

Indica que algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Bryant Marther & Celik Ozyildirim, 2004).

Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Céspedes, M., 2003).

### **Capacidad de absorción** (Norma Técnica Peruana 339.187).

Una indicación de la porosidad se puede obtener por la medición de la absorción del concreto.

El presente ensayo se realiza con la finalidad de determinar el porcentaje de absorción y el porcentaje de vacíos en concreto endurecido. La absorción, es la facilidad con la cual un fluido puede penetrar el concreto, y llenar los poros permeables dentro del mismo. Y el porcentaje de vacíos, mide la cantidad de vacíos entre las partículas de concreto que se encuentran separadas, o no están siendo ocupadas por minerales sólidos. Ambos valores serán hallados mediante conversiones entre masa y volumen de las probetas de concreto elaboradas.

Se acostumbra medir la absorción mediante un proceso de secado hasta una masa constante, sumergiendo la muestra en el agua y midiendo el aumento de masa como un porcentaje de la masa seca. Se pueden emplear varios procedimientos. Para conocer la durabilidad del concreto en base a la porosidad, se tomó como referencia el “Manual de inspección y deterioro del hormigón”, elaborado por el CYTED (Ciencia y Tecnología para el desarrollo). Las Tablas 10 y 11 muestran el rango de valores para determinar la calidad del concreto, para espesores de recubrimiento de 30 mm en ambientes severos. Si el espesor se incrementa, la absorción capilar y la porosidad puede modificarse proporcionalmente.

**Tabla N° 10: La calidad de un concreto por absorción**

<b>%Absorción</b>	<b>Tipo de concreto</b>
< 3	Buena calidad y compacidad
3 – 5	Moderada calidad
> 5	Durabilidad inadecuada

Fuente: (Salazar Jaramillo, Aponte & Trochez, 2004)

**Tabla N° 11: La calidad de un concreto por porosidad**

<b>%Porosidad</b>	<b>Tipo de concreto</b>
< 10	Buena calidad y compacidad
10 – 15	Moderada calidad
> 15	Durabilidad inadecuada

Fuente: (Salazar Jaramillo, Aponte & Trochez, 2004).

#### **1.2.5.4. Porosidad en el concreto**

En el proceso de mezclado, una cierta cantidad de aire se mezcla en el concreto. El agua y el aire toman espacio dentro del concreto aún en la etapa de fraguado. El agua, al ocupar espacio y después de evaporarse, deja millones de vacíos entrecruzados en todas direcciones. A esto se le denomina porosidad.

Por lo tanto, la porosidad es una medida de la proporción del volumen total del concreto ocupado por poros o espacios vacíos, y se acostumbra expresar en porcentaje. Por otro lado, existe la permeabilidad en el concreto que se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo.

La existencia de poros de diferentes clases hace que algunos contribuyen a la permeabilidad y otros no, es importante distinguir entre estas ambas propiedades. Si la porosidad es alta, y los poros están interconectados, éstos contribuyen al transporte de los fluidos a través del concreto, de manera que su permeabilidad también es alta. Caso contrario, si los poros son discontinuos o inefectivos con respecto al transporte del fluido, entonces la permeabilidad del concreto es baja, aún si su porosidad es alta.

#### ➤ **Tipos de porosidad que se encuentran en el concreto**

##### **Porosidad de la pasta de cemento (Rivva, E., 2000).**

La pasta de cemento endurecida es una estructura rígida que proviene de la mezcla de cemento más agua. Los productos de la reacción se presentan como masas densas de porosidad característica, que son compuestos por partículas de cemento

sin hidratar, embebidas en una matriz continua de “gel de cemento”, conformada por poros de gel y poros capilares, ocupados por agua.

Los poros presentes en la pasta de cemento se clasifican en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño, promedio o ubicación.

#### **a) Poros gel**

Durante el proceso de formación del gel, dentro de éste, quedan atrapados un conjunto de vacíos a los cuales se les conoce como poros gel. Estos poros se presentan en el “gel de cemento” independientemente de la relación agua/cemento y el grado de hidratación de la pasta. Entre las características de los poros gel, están:

- Su dimensión es del orden 0.0000018 mm equivalente al de las moléculas de agua.
- Ocupan aproximadamente el 28% del volumen total del gel.
- El volumen total de poros gel se incrementa con el gel conforme progresa la hidratación.

La capacidad con que los poros gel pueden retener agua está inversamente relacionada a su tamaño, el agua presente en los poros está firmemente adherida, de manera que no puede evaporarse bajo condiciones de secado. Estos poros no están interconectados. Asimismo, debido a su pequeño diámetro el agua no congela en ellos, esto se debe a que no hay espacio suficiente para que se pueda producir la nuclearización del hielo.

#### **b) Poros capilares**

Son los espacios que no fueron ocupados por el gel en el proceso de hidratación del cemento, por lo tanto, fueron ocupados originalmente por el agua en el concreto fresco. Los poros capilares no pueden ser apreciados a simple vista, varían en perfil y forman un sistema, en muchos casos interconectado, distribuidos al azar a través de la pasta.

La importancia de los poros capilares radica en que conforme aumenta su número:

- Disminuye la resistencia mecánica de la pasta endurecida.
- Aumenta la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta.
- Aumenta la vulnerabilidad de la pasta al ataque por acción de las bajas temperaturas sobre el concreto.

Este último punto es de gran importancia dado que los poros capilares son los principales responsables de la vulnerabilidad de la pasta a los ciclos de hielo-deshielo, debido a que están en capacidad de contener agua que puede congelarse.

### **c) Poros por aire incorporado**

Se conoce como poros de aire incorporado a minúsculas burbujas de aire que se incorporan intencionalmente mediante el empleo de aditivos. Las burbujas son generalmente de perfil esférico con diámetros variables que corresponden a un valor promedio de 0.08 a 0.10 mm.

La razón por la que se utilizan las burbujas de aire incorporado es que este sistema permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares, evitando así, que la tensión generada por la expansión de volumen debido a la conversión de agua en hielo contribuya a agrietar el concreto.

- El principal inconveniente de la presencia de poros por aire incorporado en la mezcla de concreto es que éstas, al incrementar la porosidad, tiende a disminuir la resistencia mecánica.

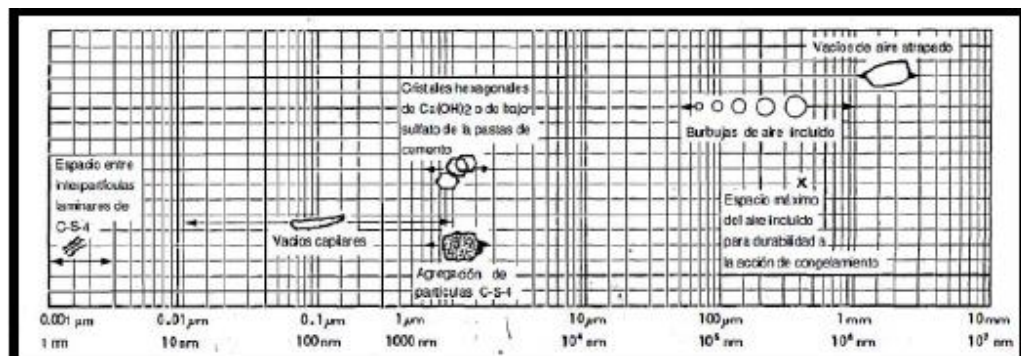


#### d) Poros por aire atrapado

Durante el proceso de mezclado, una pequeña cantidad de aire que es aportada por los materiales queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación. Los espacios que este aire forman en la mezcla se conocen como poros por aire atrapado, son parte inevitable y perjudicial en todo concreto.

Los vacíos son de tamaño considerable, varía entre aquellos que no son perceptibles a simple vista hasta aquellos que equivalen a un centímetro o más de diámetro. Su perfil suele ser irregular y no necesariamente están interconectados. En la Figura 3 se muestran los diversos tipos de vacíos que se pueden presentar en la pasta de cemento.

**Figura N° 04: Rango dimensional de sólidos y de poros en una pasta de cemento hidratada**



Fuente: (Mehta K. & Monteiro P., 1998)

#### 1.2.6. Norma (ASTM C 642) Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.

##### a) Método de ensayo.

Este método de ensayo cubre las determinaciones de la densidad, el porcentaje de absorción de agua y el porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.

Los valores dados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. Esta norma no pretende tratar todos los aspectos de seguridad, si los hubiere asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma, el establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salubridad ocupacional y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

## **b) Significación y uso**

Este método de ensayo es útil para desarrollar los datos requeridos para realizar las conversiones entre la masa y el volumen para el concreto. Puede ser usado para determinar el cumplimiento con las especificaciones para concreto o bien mostrar las diferencias entre un lugar y otro dentro de una masa de concreto.

## **c) Procedimiento**

**Masa seca al horno** – Se determina la masa de las porciones y se secan en un horno de secado a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por no menos de 24h. Después se remueven los especímenes del horno, se secan en aire seco (preferiblemente en un desecador a una temperatura de 20 a 25 °C y se les determina su masa. Si el espécimen estaba comparativamente seco, cuando su primera masa fue determinada, y la segunda masa concuerda con muy poca variación respecto a la primera, se le puede considerar seco. Si el espécimen estaba aún mojado al determinar la primera masa, se le coloca nuevamente a un segundo tratamiento de secado por 24h y se determina su masa nuevamente. Si un tercer valor de masa concuerda con esta segunda determinación se puede considerar seco el espécimen. En caso de duda se vuelve a secar el espécimen para períodos de 24h hasta que se obtengan valores de masa que concuerden. Si la diferencia de valores de masa sucesivos excede del 0.5% del valor menor de masa comparado, se retornan los especímenes al horno para un periodo adicional de secado por 24 h. Se repite el procedimiento hasta que la diferencia obtenida entre dos valores sucesivos de masa sea menor que el 0.5% del menor valor obtenido. Este último valor de la masa seca al horno se designa como: A

**Masa saturada después de inmersión el agua** – Después de su secado final, enfriado y determinación de la masa, los especímenes se sumergen en agua a temperatura de aproximadamente 21°C por un período no menor de 48h hasta que dos valores sucesivos de masa de la muestra saturada de superficie seca a intervalos de 24h, indique un incremento de la masa de menos de 0.5% del valor mayor comparado. Con una toalla se remueve la humedad superficial de los especímenes para dejarlos en condición de saturados de superficie seca y se les determina su masa. El último valor obtenido de masa saturada de superficie seca después de su inmersión en agua, se designa como: B.

**Masa saturada después de ebullición en agua** – El espécimen procesado como se describe en 5.2, se coloca en un recipiente adecuado, cubierto con agua potable, y se hierve por un período de 5h. Luego se le deja enfriar al aire por pérdida natural de calor, por un período no menor de 14h, hasta que su temperatura final sea de 20 a 25°C. Se le remueve la humedad superficial con una toalla y se determina la masa del espécimen. La masa saturada de superficie seca después de ebullición, se designa como: C.

**Masa sumergida aparente** – Después de su inmersión en agua y ebullición, los especímenes se suspenden dentro del agua por un alambre y se determina su masa sumergida aparente, que se designa como: D

### 1.2.7. Agua

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.

**Tabla N° 12: Límite permisible del agua**

<b>Descripción</b>	<b>Límite permisible</b>
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad ( $\text{NaHCO}_3$ )	1000 p.p.m. máximo
Sulfato ( Ión $\text{SO}_4$ )	600 p.p.m. máximo
Cloruros ( Ión Cl )	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: (Norma Técnica Peruana 339.088, 2006)

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.

### **1.3. Definición de términos básicos**

#### **a) Concreto cemento-arena**

El concreto cemento-arena es un término empleado para referirse a un mortero de uso estructural, preparado con arena de granulometría fina de la ciudad de Iquitos. Es un producto artificial constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregado fino y opcionalmente aditivos. Consiste en un medio ligante (pasta) y un medio ligado (agregado fino). El mortero a diferencia del concreto no contiene agregado grueso, y generalmente es conocido por su empleo en obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes, entre otros. Como principal material de construcción se emplea en la ciudad de Iquitos el concreto cemento-arena, elemento de características diferentes a un concreto convencional preparado en el resto del país. (Bautista, 2019).

#### **b) Influencia**

La influencia es el efecto, consecuencia o cambio que produce una cosa en otra. La mezcla de mortero tiene influencia directa de los materiales que lo componen.

**c) Agregado Fino**

Es material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasan por el tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el tamiz numero 200 (74  $\mu$ m), (Norma Técnica Peruana 400.011).

El agregado fino utilizado en este trabajo de investigación proviene de la cantera "Las Amazonas" ubicada a la altura del kilómetro 22 de la carretera Iquitos -Nauta.

**d) Peso Específico**

Según NTP 400.022 es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que éste no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

**e) Peso Específico de la Masa (PEmasa)**

Es la relación del peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material).

**f) Peso Específico de la Masa Saturado – Superficialmente Seco (PESSS)**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

**g) Resistencia a la compresión**

Mide la capacidad mecánica del cemento. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante el ensayo a la compresión en probetas cubicas de 5cm (con mortero cemento -arena normalizada) (Norma Técnica Peruana 334.051).

#### **h) Contenido de Aire**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante: Pesos y volúmenes absolutos de mortero C.A en el molde cilíndrico estándar (Norma Técnica Peruana 334.048)

En la siguiente tabla se muestra el contenido de aire en un concreto convencional.

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

**Tabla N° 13: Contenido de aire atrapado en un concreto convencional (Tabla ACI 211)**

## CAPÍTULO II

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Descripción del Problema

La ciudad de Iquitos se caracteriza por tener arenas de módulo de fineza muy bajo y ausencia de agregado grueso como material de construcción, por tal motivo al tener un alto valor de superficie específica, necesita más agua que una arena gruesa para la misma consistencia, originando un mayor volumen de vacíos.

Las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de fineza, forma y textura deben ser las adecuadas para lograr el menor consumo de cemento y acomodamiento de partículas que permitan la mayor compacidad.

El concreto cemento – arena de este estudio, preparado con arena de granulometría muy fina, tiene un alto valor de superficie específica, lo cual exige mucha más agua para realizar los diseños de mezcla.

La arena fina tiene más cantidad de granos en su unidad de volumen, por consiguiente, un mayor número de puntos de contacto entre sus granos. Al agregar agua, ésta produce una película y separa los granos por tensión superficial, lo que da origen a un mayor volumen de vacíos.

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.) pueden producir concretos de distintas resistencias (Özturan T. & Çeçen C., 1997).

(Bustamante I. , 2017), el concreto es el principal material que se utiliza en la industria de la construcción. Se caracteriza por ser heterogéneo y poroso, por tanto, propenso al ingreso de agentes agresivos que causan su deterioro físico y químico afectando su durabilidad. La propiedad del concreto que facilita su ingreso es la permeabilidad.



(Bautista, 2019), El Perú es un país de alta sismicidad y geografía variada y difícil, es por eso que los ingenieros deben construir obras de concreto y diseñar las mezclas más convenientes para cada caso. La necesidad de trabajar en nuestras condiciones ha obligado a nuestros profesionales a mantenerse permanentemente actualizados en sus conocimientos sobre el concreto empleado en las construcciones.

Según Mehta, la permeabilidad depende de su relación agua/cemento, del tamaño máximo del agregado, el tiempo de curado y del tipo de cemento.

El concreto cemento-arena en estudio, el cual es preparado con arena local de granulometría fina, tiene un alto valor de superficie específica, exigiendo para la misma consistencia, más agua que una arena gruesa, cuyo contenido determina el espacio no llenado por los sólidos, lo que origina un mayor volumen de vacíos.

## **2.2. Formulación del Problema**

### **2.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es el grado de influencia del agregado fino en la densidad, porcentaje de absorción y vacíos del concreto cemento – arena en su estado endurecido en la ciudad de Iquitos?

### **2.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuánto es la densidad del concreto cemento – arena, al estado endurecido?
- ¿Cuánto es el porcentaje de absorción de agua del concreto cemento-arena, al estado endurecido?
- ¿Cuánto es el porcentaje de vacíos del concreto cemento-arena, al estado endurecido?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

- Determinar el grado de influencia del agregado fino en la densidad, porcentaje de absorción y vacíos del concreto cemento – arena en su estado endurecido en la ciudad de Iquitos.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la densidad del concreto - cemento arena en su estado endurecido.
- Determinar el porcentaje de absorción de agua del concreto cemento – arena en su estado endurecido.
- Determinar el porcentaje de vacíos del concreto cemento – arena en su estado endurecido.

## **2.4. Hipótesis**

- El grado de influencia del agregado fino en la densidad, absorción de agua y vacíos del concreto cemento – arena en su estado endurecido en Iquitos es muy alto.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Identificación de las variables**

#### **Variable Independiente X:**

- Agregado fino de la cantera las Amazonas Km 22.

#### **Variables Dependientes Y:**

- La densidad, porcentaje de absorción y vacíos del concreto cemento – arena.

### **2.5.2. Definición conceptual de las variables**

#### **Variable Independiente X:**

Agregado fino de la cantera Las Amazonas carretera Iquitos – Nauta Km 22.

Definición conceptual:

Se define como agregado fino al material proveniente de la desintegración natural y/o artificial de rocas que pasa por el tamiz 3/8" y es retenido en el tamiz N°200 según la norma técnica peruana NTP 400.011.

Para la presente investigación se empleó agregado fino, proveniente de la cantera las Amazonas, ubicada en la carretera Iquitos-Nauta Km 22, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas.

#### **Variables Dependientes Y:**

La densidad, porcentaje de absorción y vacíos del concreto cemento – arena.

Definición conceptual:

#### **Densidad:**

Según la norma ASTM C-642, se define como el peso de la unidad de volumen de concreto en estado endurecido. La densidad real de un concreto depende fundamentalmente de la que tengan los áridos, de su granulometría y del volumen de estos que entren en su composición. Una densidad elevada, puede ser un índice de que posee buenas resistencias mecánicas y buena durabilidad; esta se obtendrá con mayor compacidad, es decir cuanto menor sea la cantidad de huecos del concreto o mayor sea la consolidación del mismo (Fernández Cánovas, 2007).

#### **Absorción:**

La absorción del concreto es la relación que existe entre la masa de agua que penetra los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua (Sánchez Guzmán, 2003).

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

**Tabla N° 14: Operacionalización de las variables**

Variables	Indicadores
<p><b>X:</b>  <b>Agregado fino de la cantera las Amazonas Km 22.</b></p>	<p><b>Peso unitario:</b> (NTP 400.017), (ASTM C – 29)  <b>Peso específico y absorción:</b> (NTP 400.022), (ASTM C-128)  <b>Granulometría del agregado Fino:</b> (NTP 400.012)  <b>Módulo de finura:</b> (Norma NTP. 400.011)  <b>Material que pasa la malla N° 200:</b> (NTP 400.018)</p>
<p><b>Y:</b>  <b>La densidad, porcentaje de absorción y vacíos del concreto cemento – arena</b></p>	<p><b>Capacidad de absorción (NTP 339.187).</b>  <b>Norma ASTM C 642</b>  Método de ensayo. Determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido.</p>

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

## **CAPÍTULO III**

### **3. Metodología**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Estudio Correlacional, porque se analizó la relación entre dos o más variables. Es decir, se midió cada variable relacionada con el mismo sujeto y después se analizó y evaluó la correlación. Estas correlaciones se sustentaron en la hipótesis sometida a prueba.

##### **3.1.2. Diseño de estudio**

Diseño Experimental, porque consistió en elaborar concretos cemento-arena para diferentes relaciones agua/cemento, las cuales han sido sometidas a ensayos para determinar:

Al estado endurecido: resistencia a la compresión, densidad, porcentaje de absorción y vacíos.

Al estado fresco: densidad (peso unitario), temperatura y consistencia.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población**

La Población estará conformada por el concreto cemento – arena elaborado con arena de la cantera Las Amazonas de la carretera Iquitos – Nauta km 22.

##### **3.2.2. Muestra**

30 probetas de 10cm x 20cm de concreto cemento – arena de relaciones agua-cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 (ensayo a la compresión). 6 probetas de 10cm x

20cm de concreto cemento – arena de relaciones agua-cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 (ensayo de densidad, porcentaje de absorción y vacíos).

### **3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas de recolección de datos**

Se procedió a recoger el agregado fino de la cantera Las amazonas km 22, un promedio de 30 kg. Asimismo, se llevó al laboratorio de suelos para realizar el respectivo ensayo empleando la norma ASTM C 642

#### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los datos sobre la efectividad de la Norma ASTM C 642, nos demostrará lo útil que es para desarrollar los datos requeridos para la conversión entre masa y volumen para concreto. Puede ser utilizado para determinar el cumplimiento del concreto con especificaciones y para mostrar diferencias entre varios puntos de una masa de concreto.

#### **3.3.3. Procedimientos de recolección de datos**

Se elaboró en el laboratorio de Mecánicas de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad Científica del Perú – UCP y cuyo procedimiento de recolección de datos se encuentra anexado en el presente informe de tesis.

### **3.4. Materiales**

#### **a) Cemento**

El cemento es un conglomerante hidráulico, formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

El endurecimiento hidráulico del cemento se debe principalmente a la hidratación de silicatos de calcio, aunque también puede participar en el proceso de endurecimiento otros compuestos químicos, como, por ejemplo, los aluminatos. La suma de las proporciones de óxido de calcio reactivo (CaO) y de dióxido de silicio reactivo (SiO<sub>2</sub>) debe ser al menos del 50% en masa.

Se fabrican diferentes tipos de cementos portland para satisfacer a varios requisitos físicos y químicos para aplicaciones específicas. Estos se producen de acuerdo con las especificaciones normativas según el país que corresponda. En nuestro caso contamos con la normativa técnica peruana NTP derivada de la norma ASTM. Los cementos portland se producen de acuerdo con las especificaciones ASTM C150 o ASTM C 1157.

La norma NTP 334.009. Cementos portland requisitos, la cual corresponde a la norma ASTM C150. Especificaciones de norma para el cemento portland (estándar specification for portland cement), contempla cinco tipos de cementos, como sigue:

Tipo I: Uso general.

Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos / Tipo II (MH) Moderado calor de hidratación.

Tipo III: Altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Bajo calor de hidratación.

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos.

La norma (Norma Técnica Peruana 334.082, 2000) .Especificación de la Performance, que deviene de la norma ASTM C1157. Especificaciones de desempeño para cementos hidráulicos (performance specification for hydraulic cement), presenta los seis tipos de cementos siguientes:

Tipo GU: Uso general.

Tipo HE: Alta resistencia inicial

Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos

Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos

Tipo MH: Moderado calor de hidratación

Tipo LH: Bajo calor de hidratación

De acuerdo con los requisitos de la ASTM C1157, no existen restricciones de la composición química del cemento o de sus constituyentes, las cuales se pueden encontrar en otras especificaciones.

La norma NTP 334.090. Cementos portland adicionados, la cual corresponde a la norma ASTM C595. Especificación para cementos hidráulicos mezclados (Specification for blended hydraulic cements), contempla seis tipos de cementos, como sigue:

Tipo IP: Cemento puzolánico (15% - 40%)

Tipo I(PM): Cemento puzolánico modificado (menos del 15%)

Tipo IS: Cemento de escoria (25%-70%)

Tipo ICo: Cemento compuesto (materias calizas u otro material hasta 30%)

Tipo IL: Cemento calizo (5% - 15% de filler calizo)

Tipo IT: Cemento ternario (dos adiciones)

En el presente trabajo se empleó: Cemento Portland Tipo GU, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y adiciones seleccionadas. Uno de los beneficios de este cemento es el óptimo resultado en el desarrollo de las resistencias a la compresión, trabajabilidad y acabado. En la siguiente tabla, se muestran los requisitos y propiedades del Cemento Portland Tipo GU.



**Tabla N° 15: Requisitos físicos y químicos del cemento portland tipo GU.**

Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Apu	Requisitos NTP-334.082 / ASTM C-1157
Contenido de aire	%	3.71	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	365	No especifica
Densidad	g/ml	3.03	No especifica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	272	Mínimo 133
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	320	Mínimo 204
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	369	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	128	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	300	Máximo 420
<b>Barras curadas en agua</b>			
Expansión a 14 días	%	0.015	Máximo 0.020
<b>Calor de Hidratación</b>			
Calor de hidratación a 7 días	kcal/kg	69	No especifica
Calor de hidratación a 28 días	kcal/kg	75	No especifica

\*Requisito opcional

Fuente: UNACEM.

**b) Agregados**

Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua, conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón (Guzmán, 2001). Proporcionan resistencia mecánica al material. Tienen diversos tamaños, formas y texturas, y ocupan aproximadamente el 75% del volumen del concreto, de ahí la justificación para su adecuada selección. Los agregados proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto.

Se clasifican los agregados de acuerdo al tamaño de sus partículas las cuales están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011, y se clasifican en agregados finos y agregados gruesos.

## Agregado fino

Se define como agregado fino al material proveniente de la desintegración natural y/o artificial de rocas que pasa por el tamiz 3/8" y es retenido en el tamiz N°200 según la norma técnica peruana NTP 400.011.

Para el presente estudio se empleó agregado fino, proveniente de la cantera Las Amazonas, ubicada en la carretera Iquitos-Nauta Km 22, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas.

En la siguiente tabla se muestran las normas utilizadas para obtener las propiedades físicas del agregado fino, las mismas que serán mencionadas más adelante.

Ensayo	Norma	Norma
Análisis granulométrico	ASTM C136	NTP 400.012
Módulo de fineza	ASTM C136	NTP 400.012
Superficie específica	-----	-----
Peso unitario suelto	ASTM C29	NTP 400.017
Peso unitario compactado	ASTM C29	NTP 400.017
Material que pasa el tamiz N°200	ASTM C117	NTP 400.018
Gravedad específica de masa (GEM)	ASTM C128	NTP 400.022
GEM saturada de superficie seca	ASTM C128	NTP 400.022
Gravedad específica aparente	ASTM C128	NTP 400.022
Absorción	ASTM C128	NTP 400.022
Contenido de humedad	ASTM C566	NTP 339.185

Fuente ASTM y NTP.

**Tabla N° 16: Normas empleadas para la determinación de las propiedades físicas del agregado fino.**

## Agregado marginal

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes, según lo contemplado en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 y la norma ASTM C-33 (American Society of Testing Materials / Sociedad Americana de Ensayo de Materiales). La arena

cuarzosa blanca empleada en la ciudad de Iquitos para la preparación del concreto cemento-arena, la cual tiene valores bajos de módulos de finura y son mal graduadas, se puede considerar dentro de este tipo de agregados por no cumplir en su totalidad con los requisitos establecidos en las referidas normas.

La norma de concreto armado E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias los agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

### **3.5. Metodología de ensayos**

En el presente trabajo se siguió la siguiente metodología dividida en tres etapas:

#### **Primera Etapa – Ensayos del agregado fino**

Se determinaron las siguientes propiedades físicas del agregado fino: la granulometría, módulo de fineza, superficie específica, pesos unitarios, pesos específicos, % que pasa la malla N°200, % absorción, % contenido de humedad. Contando con la información de la caracterización del agregado, se puede realizar el diseño de mezcla del concreto cemento-arena requerido.

#### **Segunda Etapa – Ensayos preliminares**

Se evaluaron diferentes diseños de mezclas para el fin del presente trabajo de investigación. Los diseños de mezclas para el concreto cemento - arena se trabajaron con el slump requerido de 2 ½” a 3 ½” y con relaciones agua/ cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 y se procedió a realizar los ensayos de contenido de aire y temperatura del concreto cemento – arena al estado fresco.

### **Tercera Etapa – Ensayos definitivos**

Luego de realizar los ensayos preliminares, se determinó trabajar con tres tipos de muestras para la preparación de las probetas cilíndricas de 4"x8", en las cuales se realizaron los ensayos de compresión, densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido.

#### **3.5.1. Diseño de mezclas**

La selección de los materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción empleada de cada uno de ellos debe permitir obtener un concreto que satisfaga, de la manera más eficiente y económica, los requisitos que debe cumplir un concreto a su estado fresco y endurecido. Estos requisitos del concreto están regulados por el empleo que se le dé a este, así como del ambiente de exposición y de las condiciones de trabajo a las cuales lo sometemos.

La presente investigación comprende el estudio al concreto cemento- arena, referida a un mortero que emplea agregado fino que tiene valores bajos de módulo de finura y son mal graduadas. A este tipo de agregado se le considera un agregado marginal por no cumplir en su totalidad con los requisitos establecidos en las normas para agregados a ser empleados en concretos.

#### **Procedimiento de diseño y elaboración de especímenes**

El procedimiento para obtener las proporciones de los materiales del diseño de mezcla de concreto cemento-arena es realizado por el método de los volúmenes absolutos. Se han considerado 3 diseños de mezcla, con la variación de la relación agua-cemento y manteniendo el slump recomendado para un concreto cemento-arena, siendo el rango empleado de 2 ½" a 3 ½". Las relaciones agua/cemento empleadas son de 0.60, 0.65 y 0.70. En los diseños elaborados del concreto cemento-arena, se trató de mantener el mismo rango de consistencia en los 3 diseños, para poder estudiar de una mejor manera el efecto que tiene la relación agua-cemento en la densidad, porcentaje de absorción y vacíos.

En el presente este estudio se han utilizado 30 probetas cilíndricas de 4"x8" para efectuar el ensayo de resistencia a la compresión y 6 probetas de diámetro de 4"x8" para realizar los ensayos de densidad, porcentaje de absorción y vacíos en el concreto endurecido. Todos los especímenes han sido fabricados bajo las mismas condiciones y empleando los mismos materiales, tomando como referencia la norma ASTM C 192 (*Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio*).

Al día siguiente del vaciado, habiendo transcurrido 24 horas, se retiró los especímenes de los moldes cilíndricos y se procedió a marcar su identificación con la fecha de vaciado y relación agua/cemento. Seguidamente para el curado de las referidas probetas, se sumergieron en agua para el curado, siendo retiradas en la fecha que les correspondía efectuar su respectivo ensayo.

Los ensayos de compresión se realizaron a los 7 y 28 días, en cada fecha se emplearon 5 probetas por cada diseño.

En el ensayo de densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, estos se realizaron a los 7 y 28 días, en cada fecha se emplearon 2 probetas por cada diseño.

### **3.5.2. Ensayos en el Laboratorio**

El presente trabajo tiene como alcance realizar los ensayos para determinar la densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido según la norma ASTM C642, así como el ensayo de resistencia a compresión según la norma americana ASTM C39. Como ensayos adicionales se optó por determinar el contenido de aire del concreto cemento - arena y la temperatura del concreto recién mezclado según las normas ASTM C 138 y ASTM C 1064 respectivamente.

### **3.5.3. Norma empleada para los ensayos en el laboratorio: (ASTM C 642) Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido**

## Descripción

Este método de ensayo es empleado para la determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido. La muestra debe consistir de varias porciones individuales de concreto, cada una de las cuales se debe ensayar por separado. Las porciones individuales pueden ser: porciones de cilindros, de núcleos extraídos del concreto o de vigas de cualquier forma o tamaño, excepto que el volumen de cada porción no debe ser menor de 350 cm<sup>3</sup>.

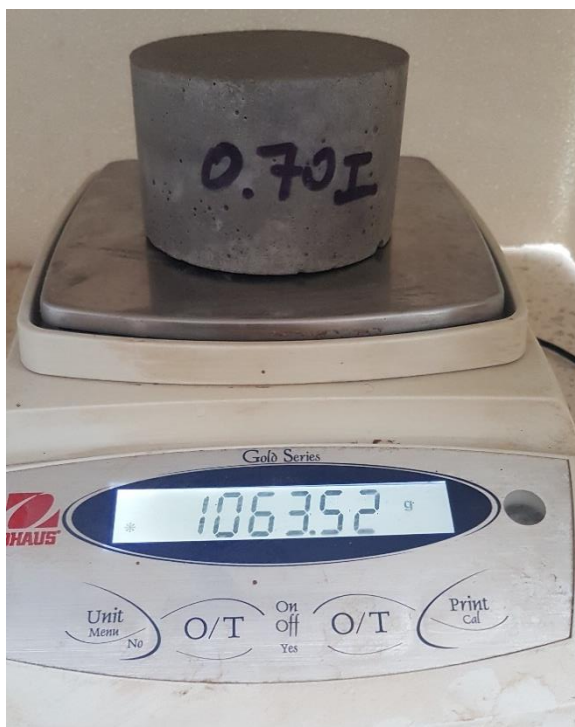
## Equipo

- **Balanza** – Debe ser sensitiva al 0.025% de la masa del espécimen.
- **Recipiente** – Adecuado para la inmersión del espécimen y provisto de un alambre apropiado para suspender el espécimen dentro del agua.

## Procedimiento

Las probetas de ensayo son de forma cilíndrica de 4" x 8", las cuales se cortan 3 partes iguales para poder empezar con los ensayos.

- Masa seca al horno** – Se determina la masa de las porciones y se secan en un horno de secado a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por no menos de 24h. Después se remueven los especímenes del horno, se secan en aire seco (preferiblemente en un desecador a una temperatura de 20 a 25 °C y se les determina su masa. El último valor de la masa seca al horno se designa como: A

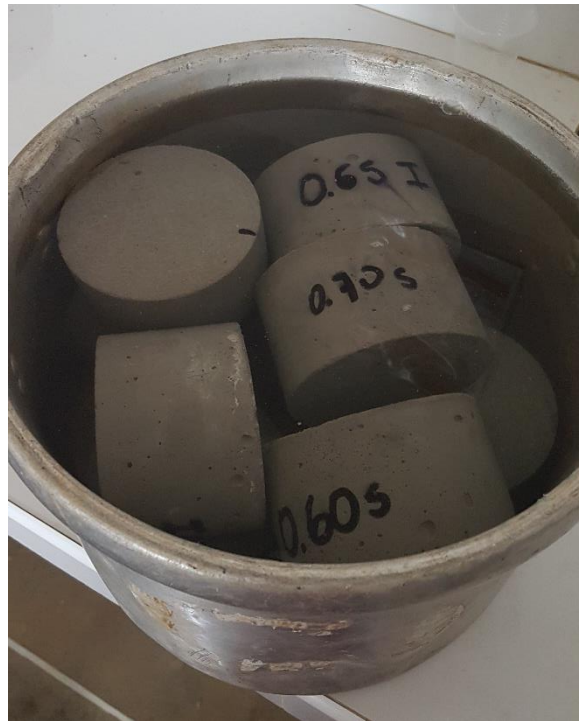


**Figura N° 05: Determinación de masa antes de entrar al horno**



**Figura N° 06: Secado al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por no menos de 24h.**

**b) Masa saturada después de inmersión el agua** – Después de su secado final, enfriado y determinación de la masa, los especímenes se sumergen en agua a temperatura de aproximadamente 21°C por un período no menor de 48h. Con una toalla se remueve la humedad superficial de los especímenes para dejarlos en condición de saturados de superficie seca y se les determina su masa. El último valor obtenido de masa saturada de superficie seca después de su inmersión en agua, se designa como: B.



**Figura N° 07: Muestras sumergidas en agua por 48h**





**Figura N° 08: Determinación del peso después de estar sumergido 48h en agua**

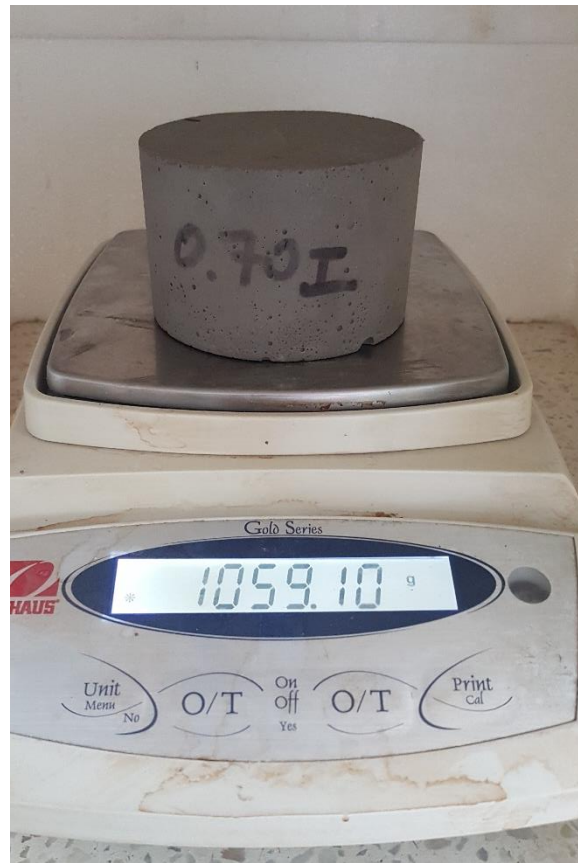
- c) Masa saturada después de ebullición en agua** – El espécimen procesado como se describe en el párrafo anterior, se coloca en un recipiente adecuado, cubierto con agua potable, y se hierve por un período de 5h. Luego se le deja enfriar al aire por pérdida natural de calor, por un período no menor de 14h, hasta que su temperatura final sea de 20 a 25°C. Se le remueve la humedad superficial con una toalla y se determina la masa del espécimen. La masa saturada de superficie seca después de ebullición, se designa como: C.



**Figura N° 09: Hirviendo muestras por 5h**



**Figura N° 10: Muestras después de ser hervidas**



**Figura N° 11: Peso de las muestras después de ser hervidas**

- d) **Masa sumergida aparente** – Después de su inmersión en agua y ebullición, los especímenes se suspenden dentro del agua por un alambre y se determina su masa sumergida aparente, que se designa como: D



**Figura N° 12: Masa sumergida aparente de las muestras**

**e) Determinación de la densidad, porcentaje de absorción y vacíos**

- Absorción después de inmersión, % = [(B-A)/A] x 100 (1)
- Absorción después de inmersión y ebullición, % = [(C-A)/A] x 100 (2)
- Densidad seca global (o bruta) = [A/(C - D)].ρ = g. (3)
- Densidad global (o bruta) después de inmersión = [B/(C-D)].ρ (4)
- Densidad global (o bruta) después de inmersión y ebullición = [C/(C-D)].ρ (5)
- Densidad aparente = [A/(A-D)].ρ = g2 (6)
- Volumen de vacíos (espacio de poros permeables), % = (g2-g1)/g2 x 100 (7)
- O bien % = (C-A)/(C-D) x 100

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo del presente trabajo.

#### **3.5.4. Norma (ASTM C 39) Resistencia a la compresión**

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto / NTP 339.034 – Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

##### **Descripción**

Este método de ensayo es empleado para la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. La resistencia a compresión se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen. Los valores obtenidos se expresan en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>) o en mega pascales (MPa).

#### **3.5.5. Norma ASTM C 138 Contenido de aire del concreto**

Método de ensayo para peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto (método gravimétrico)

##### **Descripción**

Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire en una mezcla de concreto fresco. Este ensayo determina el contenido de aire de una mezcla de concreto fresco excluyendo cualquier aire que pueda estar dentro de los vacíos de las partículas de agregado. Por esta razón, es aplicable a concreto hecho con partículas de agregado relativamente densas y requiere la determinación del factor de corrección de agregados.

### **3.5.6. Norma ASTM C 1064 Temperatura del concreto fresco**

Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto al estado fresco.

#### **Descripción**

Este método de ensayo cubre la determinación de la temperatura del concreto hidráulico recién mezclado.

Este método de ensayo proporciona un medio para medir la temperatura del concreto fresco. La temperatura medida representa la temperatura en el momento de la prueba y puede no ser una indicación de la temperatura del concreto recién mezclado en un momento posterior. Puede ser utilizado para verificar la conformidad a una prescripción para la temperatura del concreto.

La muestra debe contener material suficiente para llenar completamente el recipiente de medición del tamaño seleccionado para su uso. Se coloca el dispositivo de medición de temperatura de modo que se sumerja al menos 75 mm en el concreto recién mezclado. Se presiona suavemente el concreto alrededor del vacío que deja la inmersión del aparato hasta cerrarlo de modo que se evite que la temperatura del aire afecte el resultado. Se deja el dispositivo en el concreto durante al menos 2 minutos, pero no más de 5 minutos, luego se lee y se anota la temperatura al 0.5° C más cercano, sin remover el aparato mientras se hace la lectura.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Propiedades físicas del agregado fino

##### Análisis granulométrico

Determinamos las cantidades en que están presentes partículas de ciertos tamaños en el material. Tomamos como muestra el ensayo granulométrico de una de las muestras de arena y comparamos con los límites granulométricos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis granulométrico (1) realizado en el laboratorio.

**Tabla N° 17: Resultado del análisis granulométrico del agregado fino (1).**

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	Límite granulométrico según ASTM C 33
			Parcial	Acumulado		
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					100
N°04	4.760				100.00	95 a 100
N°08	2.380	0.08	0.02	0.02	99.98	80 a 100
N°16	1.190	1.72	0.42	0.44	99.56	50 a 85
N°30	0.590	13.66	3.37	3.82	96.18	25 a 60
N°50	0.297	163.57	40.40	44.22	55.78	5 a 30
N°100	0.149	140.54	34.71	78.93	21.07	0 a 10
Fondo		85.31	21.07	100.00	0.00	

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

Se observa que los resultados no se encuentran dentro del límite granulométrico indicado en la norma ASTM C33/NTP 400.037.

En la siguiente tabla se muestra los límites granulométricos para arenas gruesas, arenas medias y arenas finas. La arena empleada se encuentra en el grupo F, con una excepción en el tamiz N° 100, que no se encuentra en el rango determinado, pero, aun así, se adecúa al grupo F.

**Tabla N° 18: Límites granulométricos para arenas gruesas (grupo C), arenas medias (grupo M) y arenas finas (grupo F) (Rivva López, E., 2004).**

Tamices ASTM	GRUPO C	GRUPO M	GRUPO F
3/8"	100	100	100
N°04	95-100	85-100	89-100
N°08	80-100	65-100	80-100
N°16	50-85	45-100	70-100
N°30	25-60	25-80	55-100
N°50	10-30	5-48	5-70
N°100	2-10	0-12	0-12

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de los ensayos realizados en laboratorio para determinar las propiedades del agregado fino (1).

**Tabla N° 19: Propiedades del agregado fino.**

Ensayo		Resultado
Módulo de fineza	-----	1.27
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /gr	60.37
Peso unitario suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1489
Peso unitario compactado	Kg/m <sup>3</sup>	1730
Material que pasa el tamiz N°200	%	11.60
Gravedad específica de la masa (GEM)	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
GEM saturada de superficie seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
Gravedad específica aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.63
Absorción	%	0.14

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

#### 4.2. Diseños de mezclas y propiedades al estado fresco

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de materiales que se emplearon en cada relación agua/cemento:

**Tabla N° 20: Resumen de los pesos secos de los materiales empleados en cada diseño de mezcla.**

Pesos secos para cada dosificación empleada				
Material		Relación a/c		
		0.60	0.65	0.70
Cemento	Kg	447	419	393
Agua	Lt	268	272	275
Arena	Kg	1307	1321	1336

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)



Los diseños de mezcla empleados, se encuentran en Anexos.

**Tabla N° 21: Propiedades al estado fresco de las mezclas empleadas.**

Propiedades		Relación agua/cemento			Norma
		0.60	0.65	0.70	
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )		2102	2107	2103	ASTM C-138
Slump (pulg)		2 ½" a 3 ½"	2 ½" a 3 ½"	2 ½" a 3 ½"	ASTM C-143
Temperatura (°C)		33.7	32.6	32.5	ASTM C-1064
Contenido de aire	Método gravimétrico	5.03	4.30	4.07	ASTM C-138

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

### 4.3. Resultados de Ensayo a Compresión

Se realizaron ensayos a la compresión de probetas cilíndricas a edades de 7 y 28 días. Se ensayaron 5 probetas en cada día. Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla N° 22: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.60 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de resistencia a la compresión, relación a/c 0.60									
Prob. N°	Fecha de vaciado	Edad (días)	Diám. (cm)	Carga máx.(KN)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Varianza	Desviación estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coef. Variación (%)
1	26/04/2021	7	10.11	164.2	209	210	19.80	4.45	2.12
2			9.99	160.0	208				
3			9.99	157.4	205				
4			9.98	164.8	215				
5			9.92	163.0	215				
1	26/04/2021	28	10.14	200.7	254	265	68.70	8.29	3.13
2			9.98	206.4	269				
3			9.94	210.4	276				
4			9.97	199.9	261				
5			9.98	202.2	264				

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

**Tabla N° 23: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de resistencia a la compresión, relación a/c 0.65									
Prob. N°	Fecha de vaciado	Edad (días)	Diám. (cm)	Carga máx.(KN)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Resist. Promedio (Kg/cm2)	Varianza	Desviación estándar (Kg/cm2)	Coef. Variación (%)
1	26/04/2021	7	9.99	141.4	184	187	5.00	2.24	1.20
2			9.99	142.7	186				
3			9.98	146.0	190				
4			9.96	143.1	188				
5			10.00	144.0	187				
1	26/04/2021	28	10.13	188.2	238	240	5.30	2.30	0.96
2			9.96	183.4	240				
3			9.97	182.9	239				
4			10.01	185.4	241				
5			10.01	187.9	244				

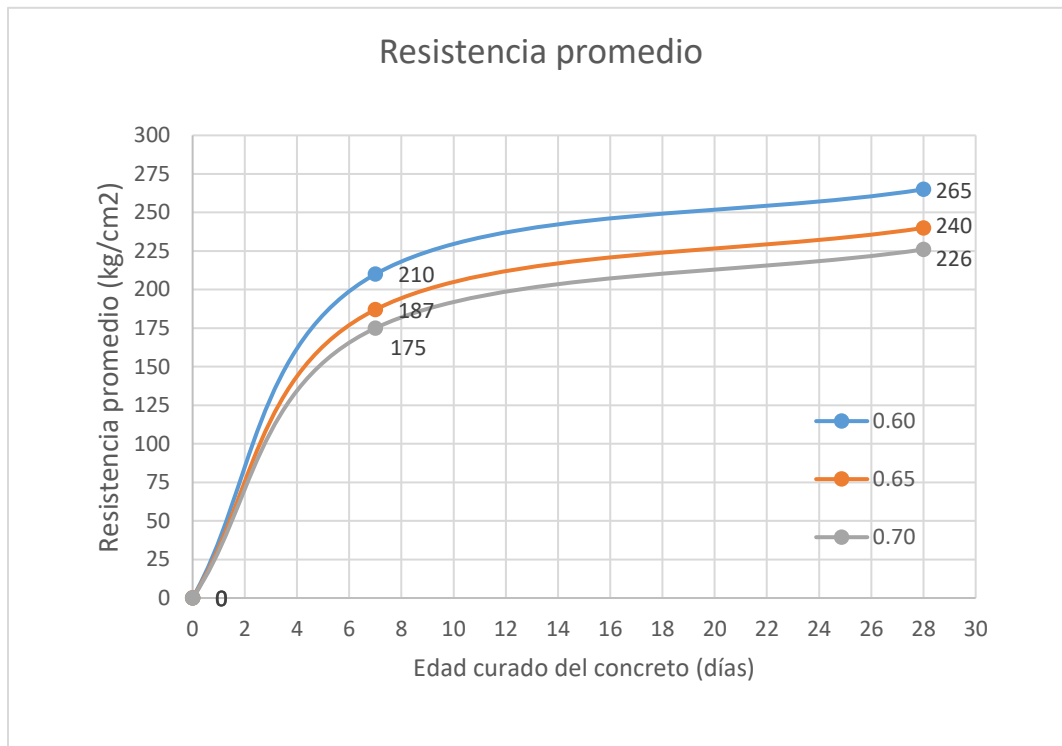
Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

**Tabla N° 24: Resultados de resistencia a la compresión de mezcla de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de resistencia a la compresión, relación a/c 0.70									
Prob. N°	Fecha de vaciado	Edad (días)	Diám. (cm)	Carga máx.(KN)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Resist. Promedio (Kg/cm2)	Varianza	Desviación estándar (Kg/cm2)	Coef. Variación (%)
1	26/04/2021	7	10.05	134.8	173	175	65.80	8.11	4.64
2			10.00	141.5	184				
3			10.00	135.8	176				
4			10.00	136.9	178				
5			10.03	125.6	162				
1	26/04/2021	28	10.00	175.1	228	226	19.20	4.38	1.94
2			9.99	169.8	221				
3			10.01	177.1	230				
4			9.99	177.2	230				
5			10.11	174.4	222				

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

Con los resultados obtenidos, se realizó gráfico de resistencia promedio (kg/cm<sup>2</sup>) vs edad curado (días).



**Gráfico N° 01: Curva de resistencia promedio (kg/cm<sup>2</sup>) vs edad curado (días).**

Se puede observar que, a menor relación agua/cemento, se obtiene mayor resistencia a la compresión a la misma edad del concreto.

#### **4.4. Resultados de ensayo de densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido.**

Se emplearon probetas cilíndricas de 4"x8" de concreto endurecido divididas en tres partes iguales cada una, a edades de 7 y 28 días. Para cada edad y diseño, se empleó 1 probeta, obteniendo así 3 muestras para el ensayo. Los datos obtenidos en las siguientes tablas, son el promedio de las 3 muestras por cada diseño y día de curado.

**Tabla N° 25: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.60 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.60			
N°	Descripción	7 días	28 días
1	Absorción después de inmersión (%)	10.55	10.26
2	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	11.00	10.33
3	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.92	1.93
4	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
5	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.44	2.41
7	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	21.13	19.95

Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

**Tabla N° 26: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.65 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.65			
N°	Descripción	7 días	28 días
1	Absorción después de inmersión (%)	10.75	10.49
2	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	11.52	10.63
3	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.93	1.93
4	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
5	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.13
6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.47	2.43
7	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	22.18	20.51

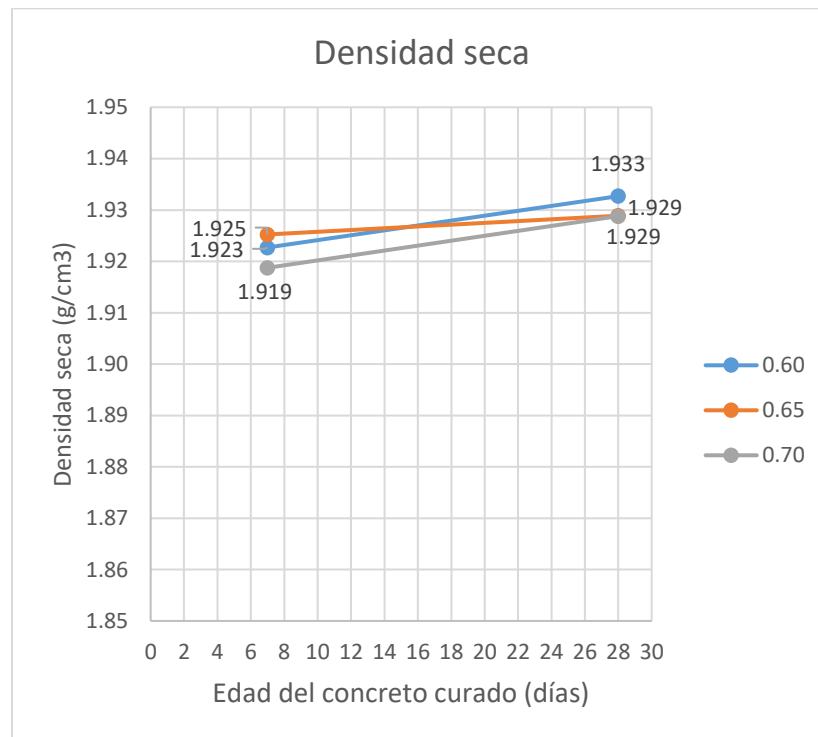
Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

**Tabla N° 27: Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.70 a edades de 7 y 28 días.**

Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido de relación a/c 0.70			
N°	Descripción	7 días	28 días
1	Absorción después de inmersión (%)	10.91	10.52
2	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	12.21	10.66
3	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.92	1.93
4	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
5	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.13
6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.51	2.43
7	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	23.41	20.56

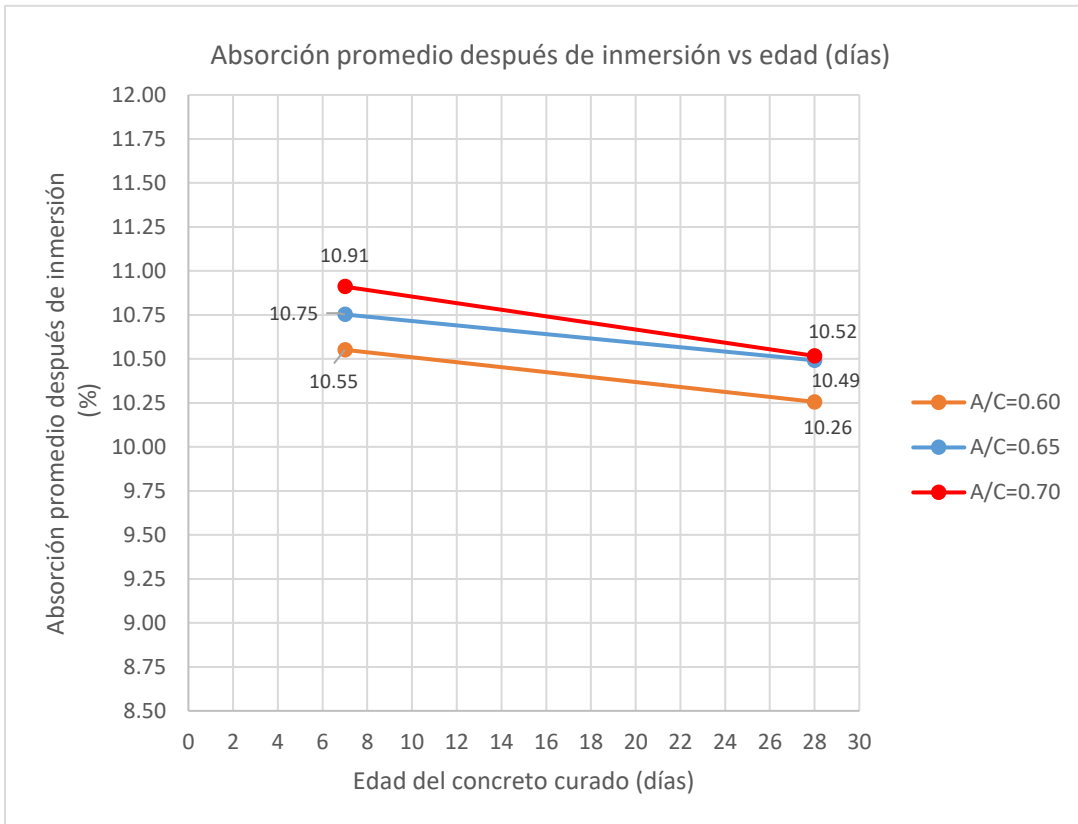
Fuente: Elaboración propia de los Autores. (2021)

Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos de densidad seca promedio (g/cm<sup>3</sup>) vs edad (días), absorción promedio después de inmersión (%) vs edad (días), absorción promedio después de inmersión y ebullición (%) vs edad (días), porosidad promedio (%) vs relación agua-cemento, porosidad promedio (%) vs resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>) y progresión de resistencia a la compresión.



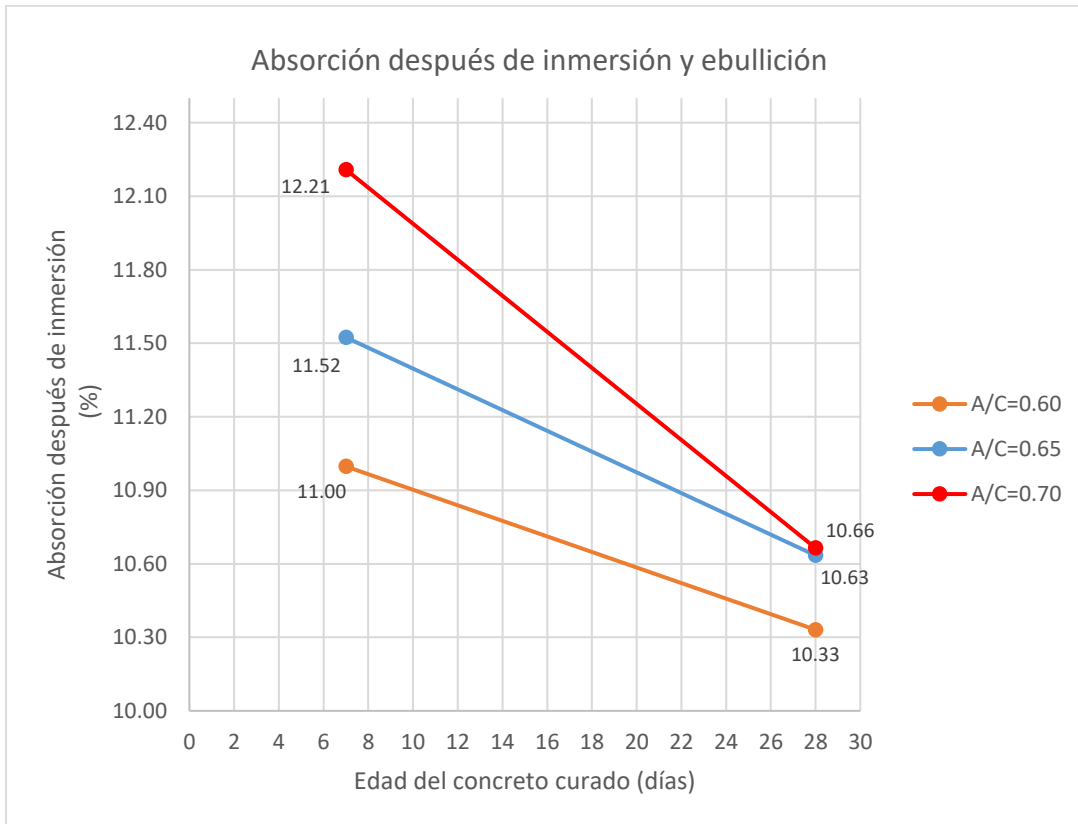
**Gráfico N° 02: Curva de densidad seca promedio (g/cm<sup>3</sup>) vs edad (días).**

Se observa que los valores son muy cercanos y que para la relación a/c 0.70, se obtiene menor densidad seca. Por lo tanto, a mayor relación a/c, se obtiene menor densidad seca.



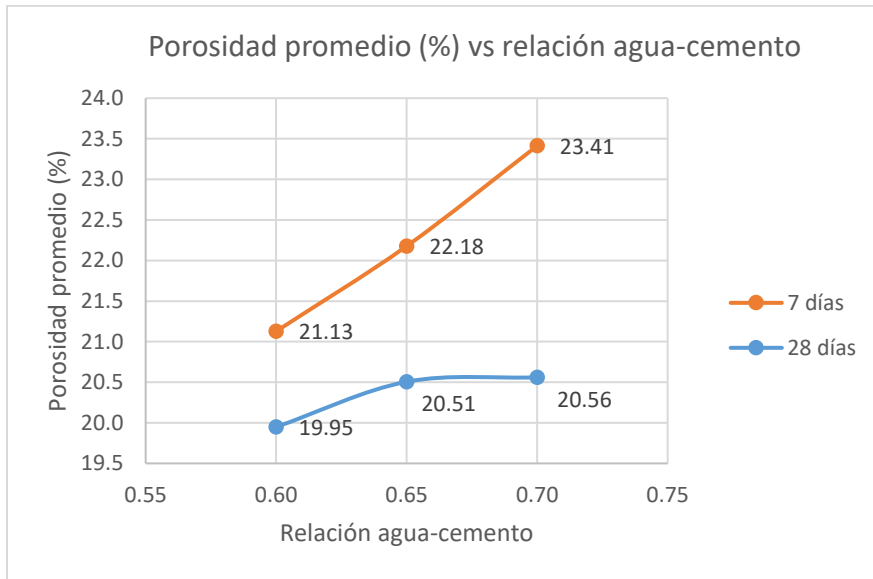
**Gráfico N° 03: Curva de absorción promedio después de inmersión (%) vs edad (días).**

Se observa que, a mayor relación a/c, se obtiene mayor absorción promedio después de la inmersión y disminuye ligeramente hacia los 28 días.



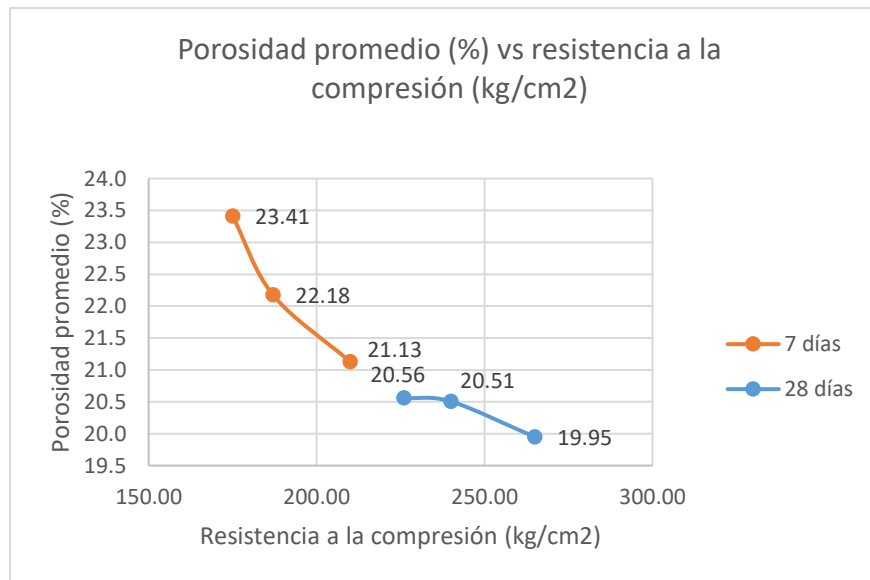
**Gráfico N° 04: Curva de absorción promedio después de inmersión y ebullición (%) vs edad (días).**

Similar a la curva de absorción promedio después de inmersión (%) vs edad (días), se observa que, a mayor relación a/c se obtiene mayor absorción después de la inmersión y ebullición y disminuye hacia los 28 días.



**Gráfico N° 05: Curva de porosidad promedio vs relación agua-cemento**

Se observa que, a menor relación a/c, se obtiene menos porosidad y que de los 7 a los 28 días, el concreto cemento – arena endurecido va disminuyendo su porosidad.



**Gráfico N° 06: Curva de porosidad promedio vs resistencia a la compresión**

Se observa que, a mayor porosidad, la resistencia del concreto cemento - arena es menor y que de los 7 a los 28 días, el concreto cemento – arena endurecido va aumentando su resistencia a la compresión



## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Discusiones

El cemento empleado para el estudio es el cemento portland Tipo GU, ya que es de uso general y cumple con la Norma Técnica Peruana-334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157, por lo que no existen restricciones de la composición química del cemento o de sus constituyentes.

- La resistencia a la compresión que alcanzó este concreto cemento – arena a los 7 y 28 días, es de 210 y 285 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente a una relación agua/cemento de 0.60, y se obtuvo utilizando 244.7 Lts/m<sup>3</sup> de agua y agregado fino de módulo de fineza 1.27; sin embargo (**Bautista, 2019**) a los 7 y 28 días alcanzó una resistencia de 240 y 294 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, resistencia lograda al emplear una relación agua/cemento de 0.60, y se obtuvo utilizando 215.6 Lts/m<sup>3</sup> de agua y agregado fino de módulo de fineza de 1.62. Por lo tanto, en ambas investigaciones la resistencia a la compresión, supera los valores de la Tabla N°06: Relaciones entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto (ACI 211).
- La resistencia a la compresión que alcanzó este concreto cemento – arena a los 7 y 28 días, es de 175 y 226 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente a una relación agua/cemento de 0.70, y se obtuvo utilizando 251.2 Lts/m<sup>3</sup> de agua y agregado fino de módulo de fineza 1.27; sin embargo (**Bautista, 2019**) a los 7 y 28 días alcanzó una resistencia de 198 y 232 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, resistencia lograda al emplear una relación agua/cemento de 0.70, y se obtuvo utilizando 230.7 Lts/m<sup>3</sup> de agua y agregado fino de módulo de fineza de 1.62. Por lo tanto, en ambas investigaciones la resistencia a la compresión, supera los valores de la Tabla N°06: Relaciones entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto (ACI 211).
- La densidad seca que alcanzó el concreto cemento – arena, es ascendente de los 7 a los 28 días para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70; asimismo, los resultados obtenidos por (Bautista, 2019), aumentan ligeramente de los 7 a los

28 días, con un ligero cambio para la relación agua/cemento de 0.75, el cual disminuye ligeramente.

- La absorción después de la inmersión obtenida para las relaciones agua/cemento 0.60, 0.65 y 0.70, disminuyen ligeramente de los 7 a los 28 días; asimismo; los resultados obtenidos por (Bautista, 2019), disminuyen ligeramente de los 7 a los 28 días, para las relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75.
- La absorción después de la inmersión y ebullición obtenida para las relaciones agua/cemento 0.60, 0.65 y 0.70, disminuyen de los 7 a los 28 días; asimismo; los resultados obtenidos por (Bautista, 2020), disminuyen de los 7 a los 28 días, para las relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75.
- La porosidad obtenida para las relaciones agua/cemento 0.60, 0.65 y 0.70, aumenta conforme la relación agua/cemento es mayor y disminuye de los 7 a los 28 días; asimismo; los resultados obtenidos por (Bautista, 2019), aumenta conforme la relación agua/cemento es mayor y disminuye de los 7 a los 28 días.
- El agregado fino debe cumplir con las especificaciones en la NTP 400.037/ASTM C 33 para un uso en concreto en peso normal. Para este estudio, se empleó agregado fino de módulo de fineza muy baja, la cual no cumple con la NTP 400.037/ASTM C 33. El ensayo de granulometría se realizó tres veces.
- El módulo de fineza de la arena ensayada, es de 1.27; este valor no se encuentra dentro de los límites establecidos por la ASTM C33, donde indica que los valores deben ser mayor o igual a 2.3 y menor o igual a 3.1.
- La superficie específica obtenida en los ensayos, es de 60.37 cm<sup>2</sup>/gr, el cual indica que tiene más área superficial que requerirá mayor cantidad de agua y cemento y poder ser cubierta por la pasta.
- El material que pasa la malla N°200 es de 11.60%, pero la Norma ASTM C33 recomienda, para los porcentajes máximos de material fino que pasa la malla N°200

un valor de 3% en el agregado fino que se va a emplear en concretos sujetos a procesos abrasivos, y de un 5% en otros concretos.

- El peso específico promedio, resultante de las 3 muestras de arena que fueron ensayadas, es de 2.62 gr/cm<sup>3</sup>.
- La absorción promedio resultante del agregado fino fue de 0.14%, cuyo valor es útil para corregir la humedad del agregado y obtener así la resistencia a la compresión deseada.
- El peso unitario suelto obtenido es 1489 Kg/m<sup>3</sup>, resultado al promediar valores de los tres ensayos realizados; valor útil para realizar las conversiones entre peso y el volumen.
- El peso unitario compactado obtenido es 1730 Kg/m<sup>3</sup>, resultado al promediar valores de los tres ensayos realizados. El resultado es mayor respecto al peso suelto.
- El contenido de humedad encontrado al momento del vaciado es de 2.38%, dato importante para realizar las correcciones por humedad del agregado en la dosificación de cada mezcla.
- El contenido de aire atrapado que se determinó por el método gravimétrico en los diseños de mezclas de 0.60, 0.65 y 0.70 es de 5.03%, 4.30% y 4.07% respectivamente. Estos resultados nos muestran que a menor relación a/c, se origina mayor cantidad de aire atrapado dentro de la masa del concreto cemento – arena. En la Tabla N° 05 se observan valores de contenido de aire atrapado en un concreto convencional. Los valores obtenidos son altos respecto al concreto convencional. Sin embargo, **(Bautista, 2019)**, el contenido de aire atrapado que se determinó por el método gravimétrico en los diseños de mezclas de 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75 es de 7.74%, 8.23%, 9.55% y 10.10% respectivamente. Estos resultados nos muestran que a menor relación a/c, se origina menor cantidad de aire atrapado

dentro de la masa del concreto cemento – arena, contrarios a los resultados obtenidos en esta investigación.

- La temperatura del concreto cemento – arena recién mezcladas para las relaciones a/c de 0.60, 0.65 y 0.70 son 33.7°, 32.6° y 32.5° respectivamente. Estos valores bordean el límite permitido para las altas temperaturas de la ciudad de Iquitos.
- El peso unitario obtenido para las mezclas de relaciones a/c de 0.60, 0.65 y 0.70 resultaron 2102, 2107 y 2103 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Estos valores obtenidos son menores respecto a un concreto convencional, que tiene pesos unitarios de aproximadamente 2400 Kg/m<sup>3</sup>; resultados mayores al de (Bautista,2019), cuyos pesos unitarios son 2017, 2047, 2001 y 1984 Kg/m<sup>3</sup> para las relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60, 0.70 y 0.75 respectivamente.
- La arena empleada para ese estudio, tiene un módulo de fineza mucho menor al 2.3; al ser tan fina, tiene alta superficie específica por lo que requiere de mucha más agua y cemento para cumplir con la resistencia. Un concreto cemento arena, preparada con esta arena, en comparación con otra de módulo de fineza mayor, será menos densa, lo que conlleva a que la más densa, tenga menos porosidad, menos permeabilidad y más resistencia.
- Las pastas de alta relación a/c contienen más agua, parte de esa agua no intervienen en el proceso de hidratación y tenderá a ser eliminada de la masa del concreto por evaporación, lo que provocará que una parte de los espacios donde se encontraba serán ocupados por los compuestos de hidratación, conocido como gel, mientras el resto de dichos espacios permanecerán vacíos, denominados poros capilares. Esto genera el aumento de porosidad en el concreto y, por tanto, disminución de la resistencia, mayor porosidad y menos densidad en la parte superior.

## 5.2. Conclusiones

Las conclusiones de este estudio, son resultado de los ensayos de densidad, absorción y vacíos, realizadas a 6 especímenes de 4"x8" por cada diseño, 1 a los 7 días y 1 a los 28 días y 20 especímenes de 4"x8" para la resistencia a la compresión, 5 a los 7 días y 5 a los 28 días. Para todos los ensayos se emplearon los mismos diseños de mezcla de relación a/c de 0.60, 0.65 y 0.70.

- El agregado fino influye ligeramente en la densidad, porcentaje de absorción y porosidad del concreto cemento – arena en su estado endurecido, por tener módulo de finura muy baja, el cual necesita de más agua para cubrir su superficie específica, provocando ligeramente segregación del concreto, el cual provoca que los finos se separen de la mezcla, y así descendan; generando que el extracto superior del espécimen, sea menos denso, más absorbente y más poroso.
- Las densidades contadas de arriba hacia abajo del espécimen de relación a/c de 0.60, dividido en 3 fragmentos, son 1.897 g/cm<sup>3</sup>, 1.921 g/cm<sup>3</sup> y 1.950 g/cm<sup>3</sup> a los 7 días, 1.904 g/cm<sup>3</sup>, 1.928 g/cm<sup>3</sup> y 1.966 g/cm<sup>3</sup> a los 28 días. Las densidades del espécimen de relación a/c de 0.65, dividido en 3 fragmentos, son 1.907 g/cm<sup>3</sup>, 1.925 g/cm<sup>3</sup> y 1.944 g/cm<sup>3</sup> a los 7 días, 1.912 g/cm<sup>3</sup>, 1.929 g/cm<sup>3</sup> y 1.946 g/cm<sup>3</sup> a los 28 días. Las densidades del espécimen de relación a/c de 0.70, dividido en 3 fragmentos, son 1.897 g/cm<sup>3</sup>, 1.920 g/cm<sup>3</sup> y 1.939 g/cm<sup>3</sup> a los 7 días, 1.908 g/cm<sup>3</sup>, 1.928 g/cm<sup>3</sup> y 1.951 g/cm<sup>3</sup> a los 28 días. Con dichos datos se concluye que la parte inferior del concreto cemento – arena con arena de la cantera Las Amazonas, es más densa que el resto de la estructura.
- Las absorciones después de la inmersión contadas de arriba hacia abajo del espécimen de relación a/c de 0.60, dividido en 3 fragmentos, son 11.35%, 10.55% y 9.75% a los 7 días, 10.84%, 10.63% y 9.31% a los 28 días. Las absorciones del espécimen de relación a/c de 0.65, dividido en 3 fragmentos, son 11.37%, 10.77% y 10.12% a los 7 días, 10.95%, 10.58% y 9.95% a los 28 días. Las absorciones del espécimen de relación a/c de 0.70, dividido en 3 fragmentos, son 11.38%, 10.86% y 10.49% a los 7 días, 11.02%, 10.68% y 9.85% a los 28 días. Con dichos datos se

concluye que la parte inferior del concreto cemento – arena con arena de la cantera Las Amazonas, es menos absorbente que el resto de la estructura.

- Los porcentajes de vacíos contados de arriba hacia abajo del espécimen de relación a/c de 0.60, dividido en 3 fragmentos, son 22.75%, 21.02% y 19.62% a los 7 días, 20.92%, 20.55% y 18.38% a los 28 días. Los porcentajes de vacíos del espécimen de relación a/c de 0.65, dividido en 3 fragmentos, son 23.41%, 22.01% y 21.11% a los 7 días, 21.43%, 20.60% y 19.49% a los 28 días. Los porcentajes de vacíos del espécimen de relación a/c de 0.70, dividido en 3 fragmentos, son 24.83%, 23.30% y 22.12% a los 7 días, 21.38%, 20.87% y 19.43% a los 28 días. Con dichos datos se concluye que la parte inferior del concreto cemento – arena con arena de la cantera Las Amazonas, es menos poroso y menos permeable que el resto de la estructura.
- La arena empleada para este estudio, es muy fina, la cual hace que al concreto cemento – arena sea propenso al ingreso de agentes agresivos que causan su deterioro físico y químico afectando su durabilidad.
- El concreto cemento-arena en estudio, el cual es preparado con arena local de granulometría fina, exige para la misma consistencia, más agua que una arena gruesa, cuyo contenido determina el espacio no llenado por los sólidos, lo que origina un mayor volumen de vacíos y una mayor permeabilidad.
- Los resultados de porcentaje de absorción y vacíos son muy altas en comparación con un concreto cemento – arena con arena más gruesa.

### 5.3. Recomendaciones

- Respetar la relación agua/cemento a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Se debe controlar y mantener húmedo el concreto cemento-arena durante la hidratación del cemento (curado), de manera que se desarrolle mayor cantidad de gel en la pasta, así reducir los poros capilares y permeabilidad.
- La protección que le brinde el concreto cemento-arena a la armadura dependerá de la impermeabilización que éste le proporcione, por lo que el espesor del recubrimiento es muy importante.
- Seguir con la investigación a fin de poder controlar y reducir con algún aditivo, la absorción y porosidad (vacíos) para que así no se vea expuesto a contaminantes provenientes de líquidos o gases que puedan ingresar y causar daños graves a la estructura.
- Es recomendable emplear vibradora para que las partículas del concreto cemento – arena se acomoden, de tal manera que toda la estructura sea homogénea y más resistente.
- En toda obra pública o privada debemos considerar el ensayo de revenimiento para determinar la consistencia de concreto premezclado o de diseños de mezcla.
- En caso que la arena se encuentre saturada, se recomienda no realizar la mezcla, porque al momento del mezclado puede generar bolas de cemento, que impedirá el correcto mezclado con el agregado.

## Referencias Bibliográficas

ABANTO CASTILLO, Flavio. *Tecnología del Concreto (Teoría y problemas)*. Lima: San Marcos E.I.R.L., 2009. ISBN 978-612-302-060-6.

ARI QUEQUE, Ismael. *Estudio de la Propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia, con aditivo superplastificante y retardador de fraguado con cemento portland tipo I*. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, (ASTM) C 39. *Método del ensayo normalizado para Resistencia a la Compresión de especímenes cilíndricos de concreto*.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, (ASTM) C 642. *Determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido*.

BAUTISTA SERPA, L. *La permeabilidad al agua en el concreto cemento-arena. Indicador durabilidad, Iquitos - 2019*. Tesis para optar Grado de Magister, Universidad Científica del Perú, Iquitos, 2019.

BENITES ESPINOZA, C. M. *Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKA Viscocrete 20HE*. Tesis. Universidad Ricardo Palma, Lima, 2011.

BRYANT MARTHER & CELIK OZYILDIRIM. *Cartilla del Concreto*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C, 2004. ISBN 968-464-143-5.

BUSTAMANTE, I. *Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú*. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.

CALDARONE, M.A. *High-Strength Concrete: A Practical Guide* (1st ed.). New York: Taylor & Francis, 2009. <https://doi.org/10.1201/9781482265842>.



CASTAÑEDA, J. *Análisis de las propiedades mecánicas de morteros sustituyendo agregado fino por plástico reciclado de baja densidad*. Tesis Licenciatura. Universidad Rafael Urdaneta. Venezuela, 2013.

CÉSPEDES GARCÍA, M.A. *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido*. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú, 2003.

CONSTRUCTOR CIVIL. *La absorción de los agregados*. Enlínea, 2010. <https://www.elcobstructorcivil.com/2010/12/la-absorcion-de-los-agregados>.

DÍAZ VILCA, M. J. *Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto*. Tesis. Universidad Ricardo Palma, Lima, 2010.

DURAND CIUDAD, A. J. *Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017*. Tesis de licenciatura. Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2017.

HUAMÁN. *Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción*. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo, Perú, 2015.

MAMLOUK, Michael S. y John P. ZANIEWSKI. *Materiales para Ingeniería Civil, segunda edición*. Madrid: Pearson Educación, S.A., 2009. ISBN 978-84-8322-510-3.

MEHTA, K. y P. MONTEIRO. *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*. México: Instituto Mexicano del Cemento y Concreto A.C., IMCYC, 1998.

MERRIT, Frederick S. *Manual del ingeniero civil, tomo II, 3ª. Edición*. McGraw-Hill, 1992.

NEVILLE, A. *Tecnología del Concreto*. México, Trillas: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. 1999.

Norma Técnica Peruana. (NTP 334.009, 2005). *CEMENTOS. Cementos Portland Requisitos*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI

Norma Técnica Peruana. (NTP 334.048). *CEMENTOS. Determinación de contenido de aire en morteros de cemento hidráulico*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 334.051). *CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cementos Portland usando especímenes cúbicos de 50mm de lado*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 334.082, 2000). *CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.034). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.035). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.046). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, rendimiento y contenido de aire del concreto*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.088, 2006). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.184). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.185). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 339.187). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.011). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.012). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.017). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso unitario) y los vacíos en los agregados. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.018). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado (N° 200) por lavado en agregados. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.022). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima-INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (NTP 400.037). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima-INDECOPI.

ÖZTURAN, T. y C. ÇEÇEN. *Effect coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths*. "Cement and concrete research,". (U.S.A.), 1997.

RIVVA LÓPEZ, E. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: II Congreso Internacional de la CONSTRUCCIÓN EXPOCON, 2004.

RIVVA, E. *Naturaleza y Materiales del Concreto* . Lima: ACI Perú, 2000.

SABA. "Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico. mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería". *Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos, Guatemala, 2006*.

SALAZAR JARAMILLO, Aponte y TROCHEZ. *Estudio de la durabilidad de concreto adicionados con escoria siderúrgica, con diferentes formas de curado*. 2004.

ZUÑIGA. *Compuestos principales del cemento portland*. (En línea). (Consulta: 15 de enero del 2018). Disponible en: <http://omard10.blogspot.pe/2013/06/compuestos-principales-del-cemento.html>.

# Anexos

## ANEXO N° 01: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

### 1. Análisis granulométrico por tamizado (arena 01)



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Y ENSAYOS DE MATERIALES**



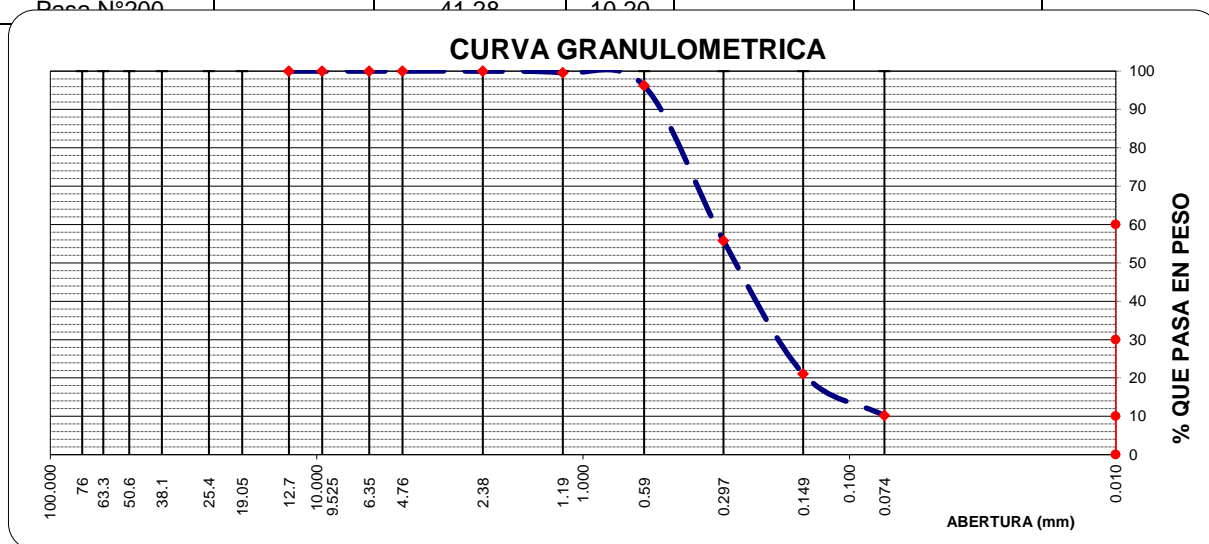
### ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C - 136

**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°08	2.380	0.08	0.02	0.02	99.98	
N°16	1.190	1.72	0.42	0.44	99.56	
N°30	0.590	13.66	3.37	3.82	96.18	
N°50	0.297	163.57	40.40	44.22	55.78	
N°100	0.149	140.54	34.71	78.93	21.07	
N°200	0.074	44.03	10.87	89.80	10.20	
Peso N°200		44.03	10.87			

**MF : 1.27**  
**SE : 60.37**



### 2. Análisis granulométrico por tamizado (arena 02)



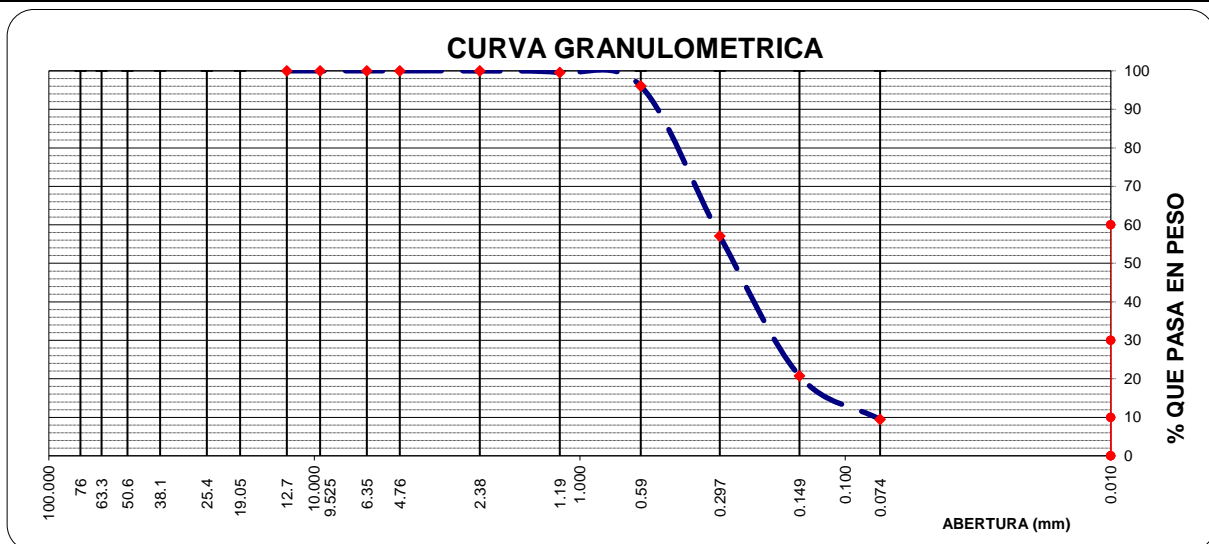
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**ASTM C - 136**

**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°08	2.380	0.12	0.03	0.03	99.97	
N°16	1.190	1.77	0.41	0.43	99.57	
N°30	0.590	15.21	3.49	3.92	96.08	
N°50	0.297	170.18	38.99	42.91	57.09	
N°100	0.149	158.33	36.28	79.19	20.81	
N°200	0.074	49.58	11.36	90.55	9.45	
Pasa N°200		41.24	9.45			

**MF : 1.26**  
**SE : 61.36**



3. Análisis granulométrico por tamizado (arena 03)



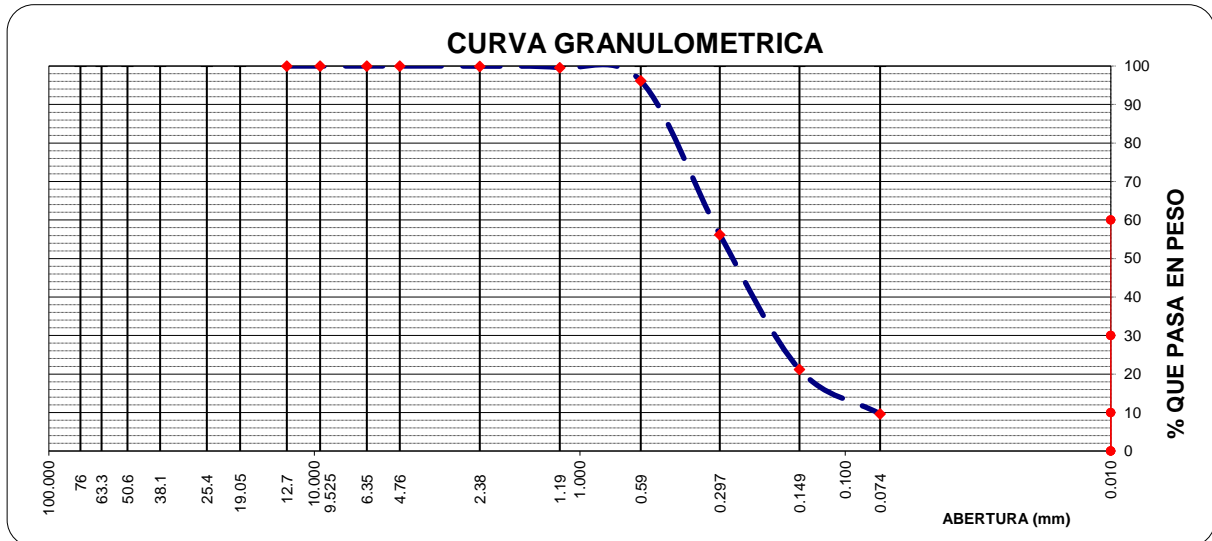
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**ASTM C - 136**

**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°08	2.380	0.13	0.03	0.03	99.97	
N°16	1.190	1.50	0.37	0.40	99.60	
N°30	0.590	13.77	3.41	3.82	96.18	
N°50	0.297	161.16	39.94	43.75	56.25	
N°100	0.149	141.23	35.00	78.75	21.25	
N°200	0.074	46.88	11.62	90.37	9.63	
Pasa N°200		38.86	9.63			

**MF : 1.27**  
**SE : 60.5**



4. Superficie específica (arena 01)



Tamices ASTM	Abertura cm.	%Retenido Parcial (1)	Diámetro medio (2)	(1)/(2)
3/8"	0.953			
N°04	0.476	0.00	0.714	0.00
N°08	0.238	0.02	0.357	0.06
N°16	0.119	0.42	0.179	2.37
N°30	0.059	3.37	0.089	37.91
N°50	0.0297	40.40	0.044	918.17
N°100	0.0149	34.71	0.022	1577.80
				2636.31

$$p.e = 2.62 \quad SE = \frac{0.06 \times 2636.31}{p.e}$$

$$SE = 60.37 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

5. Superficie específica (arena 02)

Tamices ASTM	Abertura cm.	%Retenido Parcial (1)	Diámetro medio (2)	(1)/(2)
3/8"	0.953			
N°04	0.476	0.00	0.714	0.00
N°08	0.238	0.03	0.357	0.08
N°16	0.119	0.41	0.179	2.27
N°30	0.059	3.49	0.089	39.16
N°50	0.0297	38.99	0.044	886.22
N°100	0.0149	36.28	0.022	1649.02
				2676.74

$$p.e = 2.62 \quad SE = \frac{0.06 \times 2676.74}{p.e}$$

$$SE = 61.30 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

6. Superficie específica (arena 03)

Tamices ASTM	Abertura cm.	%Retenido Parcial (1)	Diámetro medio (2)	(1)/(2)
3/8"	0.953			
N°04	0.476	0.00	0.714	0.00
N°08	0.238	0.03	0.357	0.09
N°16	0.119	0.37	0.179	2.08
N°30	0.059	3.41	0.089	38.34
N°50	0.0297	39.94	0.044	907.67
N°100	0.0149	35.00	0.022	1590.85
				2639.03

$$p.e = 2.62 \quad SE = \frac{0.06 \times 2639.03}{p.e}$$

7. Peso unitario suelto del agregado fino  $SE = 60.44 \text{ cm}^2/\text{gr}$



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Y ENSAYOS DE MATERIALES**  
**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO**  
**ASTM C - 29**



**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

<b>N° DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7120	7114	7125
PESO DE MOLDE (gr.)	2911	2911	2911
PESO DE MUESTRA	4209	4203	4214
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489	1.487	1.491
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,489</b>		
<b>VACÍOS EN EL AGREGADO (%)</b>	<b>43.31</b>		

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

**OBSERVACIONES** : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

**RESULTADOS** : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1489 kg/m<sup>3</sup>.

Los vacíos en el agregado es igual a 43.31 % del volumen.

**8. Peso unitario compactado del agregado fino**



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Y ENSAYOS DE MATERIALES**  
**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO**  
**ASTM C - 29**



**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

<b>N° DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7791	7792	7825
PESO DE MOLDE (gr.)	2911	2911	2911
PESO DE MUESTRA	4880	4881	4914
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.726	1.727	1.738
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)</b>	<b>1,730</b>		
<b>VACÍOS EN EL AGREGADO (%)</b>	<b>34.13</b>		

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

**OBSERVACIONES** : Arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

**RESULTADOS** : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado fino es 1730 kg/m3.

Los vacíos en el agregado es igual a 34.13 % del volumen.

**9. Gravedad específica y absorción del agregado fino**



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Y ENSAYOS DE MATERIALES**



**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO**  
**ASTM C - 128**

**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

**Agregado Fino**

N° DE ENSAYOS		1	2	3	PROMEDIO
<b>A</b>	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	242.06	248.89	269.74	
<b>B</b>	Peso Frasco + H2O	707.51	676.09	723.11	
<b>C</b>	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	949.57	924.98	992.85	
<b>D</b>	Peso de Mat. + H2O en el Frasco	857.59	829.94	889.55	
<b>E</b>	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (C-D)	91.98	95.04	103.30	
<b>F</b>	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	241.71	248.60	269.34	
<b>G</b>	Vol. Masa = (E-A+F)	91.63	94.75	102.90	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)		2.628	2.616	2.607	<b>2.617</b>
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)		2.632	2.619	2.611	<b>2.621</b>
Peso Específico Aparente = (F/G)		2.638	2.624	2.617	<b>2.626</b>
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.14	0.12	0.15	<b>0.14</b>

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022.

**OBSERVACIONES** : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

**RESULTADOS** : Promedio Peso Específico del agregado fino es 2.617 gr/cc.  
Promedio Porcentaje de Absorción del agregado fino es 0.14%.

**10. Material fino que pasa por el tamiz N° 200**



**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Y ENSAYOS DE MATERIALES**  
**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200**  
**ASTM C - 117**



**Datos de campo**

**Cantera** : Las Amazonas  
**Ubicación** : Carretera Iquitos - Nauta km 22  
**Fecha ensayo** : 23/04/2021

<b>N° DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE MUESTRA (gr)	217.38	225.69	261.57
PESO DE MUESTRA LAVADA (gr)	191.61	200.14	231.12
% QUE PASA LA MALLA N°200	11.85	11.32	11.64
<b>PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200</b>	<b>11.60</b>		

**ESPECIFICACIONES :** El ensayo de Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz N°200 se desarrolló según la Norma ASTM C 117.

**OBSERVACIONES :** El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

**RESULTADOS :** El promedio del porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino es 11.6 %.

**11. Diseño de mezcla de relación a/c 0.60**

# DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

## Cemento - arena

### INFORMACION

#### A. MATERIALES

##### 1. CEMENTO

Marca y Tipo	:	<b>APU TIPO GU</b>
Peso Específico	:	3.03 gr/cc
Peso Unitario	:	1500 kg/m3

##### 2. AGREGADOS

###### AGREGADO FINO

Peso Específico base seca	:	2.617
Peso Específico SSS	:	2.621
Porcentaje de Absorción	:	0.60 %
Peso Unitario Suelto	:	1,489 Kg/m3
Peso Unitario Compactado	:	1,730 Kg/m3
Módulo de Fineza	:	1.27
Humedad para Diseño	:	2.38 %

#### B. CARACTERISTICAS

##### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump	:	2 1/2" - 3 1/2"
Estimación de Agua	:	268 Lts/m3
Relación Agua/Cemento (A/C)	:	0.60
Factor Cemento	:	<b>C=A/Rac</b> 268.00 / 0.6 = 446.7 = 10.51 Bls./m3
Contenido de Aire Atrapado	:	8.50 %

#### C. CALCULO

##### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento	:	446.7 / 3030 = 0.147 m3
Agua	:	268.00 / 1000 = 0.268 m3
Aire Atrapado	:	8.50 / 100 = <u>0.085</u> m3
		0.500 m3
Volumen Absoluto de los agregados	:	1.000 - 0.500 = 0.500 m3
Peso del Agregado Fino	:	0.500 x 2617 = 1307.4 kg

##### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	446.7 Kg/m3
Agua	:	268.0 Lts/m3
Agregado Fino	:	1307.4 Kg/m3

##### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Húmedo del A. Fino	:	1307.38 x 1.0238 = 1338.49 Kg/m3
-------------------------	---	----------------------------------

Humedad Superficial A. Fino	:	2.38	-	0.60	=	1.78	%
Aporte de Humedad A. Fino	:	1307.38	x	0.0178	=	23.2713	Lts.
Agua Efectiva de Diseño	:	268.00	-	23.27	=	244.73	Lts.

#### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	446.7	Kg/m3
Agua	:	244.7	Lts/m3
Agregado Fino	:	1338.5	Kg/m3

#### 8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	446.70	/	446.70	=	1.00
Agregado Fino	:	1338.49	/	446.70	=	3.00
Agua	:	0.55	x	42.50	=	23.38

<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>	:	<table border="1"> <tr> <td><b>C</b></td> <td><b>AF</b></td> <td><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td><b>1</b></td> <td><b>: 3.00</b></td> <td><b>: 23.38</b></td> </tr> </table>	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.00</b>	<b>: 23.38</b>	Lts/m3
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>							
<b>1</b>	<b>: 3.00</b>	<b>: 23.38</b>							

#### 9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie3)

Peso Unitario Suelto Húmedo A. fino	:	1466.08	Kg/m3
-------------------------------------	---	---------	-------

<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN</b>	:	<table border="1"> <tr> <td><b>C</b></td> <td><b>AF</b></td> <td><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td><b>1</b></td> <td><b>: 3.04</b></td> <td><b>: 23.38</b></td> </tr> </table>	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.04</b>	<b>: 23.38</b>	Lts/m3
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>							
<b>1</b>	<b>: 3.04</b>	<b>: 23.38</b>							

#### 10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	:	42.5	Kg
Agregado Fino	:	127.5	Kg
Agua Efectiva	:	23.4	lts.

## 12. Diseño de mezcla de relación a/c 0.65

# DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Cemento - Arena

## INFORMACION

### A. MATERIALES

#### 1. CEMENTO

Marca y Tipo	:	<b>APU TIPO GU</b>	
Peso Específico	:	3.03	gr/cc
Peso Unitario	:	1500	kg/m <sup>3</sup>

#### 2. AGREGADOS

##### AGREGADO FINO

Peso Específico base seca	:		
	:	2.617	gr/cc
Peso Específico SSS	:	2.621	gr/cc
Porcentaje de Absorción	:	0.60	%
Peso Unitario Suelto	:	1,489	Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	:	1,730	Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	:	1.27	
Humedad para Diseño	:	2.38	%

### B. CARACTERISTICAS

#### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump	:	2 1/2" - 3 1/2"	
Estimación de Agua	:	272	Lts/m <sup>3</sup>
Relación Agua/Cemento (A/C)	:	0.65	
Factor Cemento	:	<b>C=A/Rac</b>	272.00 / 0.65 = 418.5 = 9.85 Bls./m <sup>3</sup>
Contenido de Aire Atrapado	:	8.50	%

### C. CÁLCULO

#### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento	:	418.5 / 3030	=	0.138	m <sup>3</sup>
Agua	:	272.00 / 1000	=	0.272	m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	:	8.50 / 100	=	0.085	m <sup>3</sup>
				0.495	m <sup>3</sup>
Volumen Absoluto de los agregados	:	1.000 - 0.495	=	0.505	m <sup>3</sup>
Peso del Agregado Fino	:	0.505 x 2617	=	1321.3	kg

#### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	418.5	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	272.0	Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1321.3	Kg/m <sup>3</sup>

#### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Húmedo del A. Fino	:	1321.27 x 1.0238	=	1352.71	Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial A. Fino	:	2.38 - 0.60	=	1.78	%
Aporte de Humedad A. Fino	:	1321.27 x 0.0178	=	23.5185	Lts.
Agua Efectiva de Diseño	:	272.00 - 23.52	=	248.48	Lts.

#### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD



Cemento	:	418.5	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	248.5	Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1352.7	Kg/m <sup>3</sup>

#### 8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	418.50	/	418.50	=	1.00
Agregado Fino	:	1352.71	/	418.50	=	3.23
Agua	:	0.59	x	42.50	=	25.08

<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>	:	<table border="1"> <tr> <td><b>C</b></td> <td><b>AF</b></td> <td><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td><b>1</b></td> <td><b>: 3.23</b></td> <td><b>: 25.08</b></td> </tr> </table>	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.23</b>	<b>: 25.08</b>	Lts/m <sup>3</sup>
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>							
<b>1</b>	<b>: 3.23</b>	<b>: 25.08</b>							

#### 9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie<sup>3</sup>)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	:	1524.44	Kg/m <sup>3</sup>
-------------------------------------	---	---------	-------------------

<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN</b>	:	<table border="1"> <tr> <td><b>C</b></td> <td><b>AF</b></td> <td><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td><b>1</b></td> <td><b>: 3.15</b></td> <td><b>: 25.08</b></td> </tr> </table>	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.15</b>	<b>: 25.08</b>	Lts/m <sup>3</sup>
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>							
<b>1</b>	<b>: 3.15</b>	<b>: 25.08</b>							

#### 10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	:	42.5	Kg
Agregado Fino	:	137.3	Kg
Agua Efectiva	:	25.1	lts.

### 13. Diseño de mezcla de relación a/c 0.70

# DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Cemento - Arena

## INFORMACIÓN

### A. MATERIALES

#### 1. CEMENTO

Marca y Tipo	:	<b>APU TIPO GU</b>
Peso Específico	:	3.03 gr/cc
Peso Unitario	:	1500 kg/m <sup>3</sup>

#### 2. AGREGADOS

##### AGREGADO FINO

Peso Específico base seca	:	2.617
Peso Específico SSS	:	2.621
Porcentaje de Absorción	:	0.60 %
Peso Unitario Suelto	:	1,489 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	:	1,730 Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	:	1.27
Humedad para Diseño	:	2.38 %

### B. CARACTERISTICAS

#### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump	:	2 1/2" - 3 1/2"
Estimación de Agua	:	275 Lts/m <sup>3</sup>
Relación Agua/Cemento (A/C)	:	0.70
Factor Cemento	:	$C=A/Rac$ 275.00 / 0.7    =    392.9    =    9.24 Bls./m <sup>3</sup>
Contenido de Aire Atrapado	:	8.50 %

### C. CALCULO

#### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento	:	392.9 / 3030	=	0.130 m <sup>3</sup>
Agua	:	275.00 / 1000	=	0.275 m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	:	8.50 / 100	=	0.085 m <sup>3</sup>
				0.490 m <sup>3</sup>
Volumen Absoluto de los agregados	:	1.000 - 0.490	=	0.510 m <sup>3</sup>
Peso del Agregado Fino	:	0.510 x 2617	=	1335.5 kg

#### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	392.9 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	275.0 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1335.5 Kg/m <sup>3</sup>

#### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Húmedo del A. Fino	:	1335.53 x 1.0238	=	1367.31 Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial A. Fino	:	2.38 - 0.60	=	1.78 %
Aporte de Humedad A. Fino	:	1335.53 x 0.0178	=	23.7724 Lts.
Agua Efectiva de Diseño	:	275.00 - 23.77	=	251.23 Lts.

#### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	392.9	Kg/m <sup>3</sup>								
Agua	:	251.2	Lts/m <sup>3</sup>								
Agregado Fino	:	1367.3	Kg/m <sup>3</sup>								
<b>8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)</b>											
Cemento	:	392.90	/ 392.90 =	1.00							
Agregado Fino	:	1367.31	/ 392.90 =	3.48							
Agua	:	0.64	x 42.50 =	27.20							
<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>	:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>AF</b></td> <td style="text-align: center;"><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>1</b></td> <td style="text-align: center;"><b>: 3.48</b></td> <td style="text-align: center;"><b>: 27.20</b></td> </tr> </table>			<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.48</b>	<b>: 27.20</b>	Lts/m <sup>3</sup>
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>									
<b>1</b>	<b>: 3.48</b>	<b>: 27.20</b>									
<b>9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie<sup>3</sup>)</b>											
Peso Unitario Suelto Húmedo A. fino	:	1524.44	Kg/m <sup>3</sup>								
<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN</b>	:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>AF</b></td> <td style="text-align: center;"><b>Agua</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>1</b></td> <td style="text-align: center;"><b>: 3.40</b></td> <td style="text-align: center;"><b>: 27.20</b></td> </tr> </table>			<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>	<b>1</b>	<b>: 3.40</b>	<b>: 27.20</b>	Lts/m <sup>3</sup>
<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>Agua</b>									
<b>1</b>	<b>: 3.40</b>	<b>: 27.20</b>									
<b>10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO</b>											
Cemento	:	42.5	Kg								
Agregado Fino	:	147.9	Kg								
Agua Efectiva	:	27.2	lts.								

14. Peso unitario de producción y contenido de mezcla de relación a/c 0.60

**PESO UNITARIO DE PRODUCCIÓN Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO**  
**ASTM C-138**

**Relación**  
**agua/cemento:** **0.60**

**DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO**

	PESO		VOLUMEN ABSOLUTO	
CEMENTO	446.70	kg	0.14743	m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	1315.22	kg	0.50189	m3
AGUA	268.00	kg	0.26800	m3
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<u>2029.92</u>	kg	<u>0.917</u>	m3

S.S.S.\* - saturado  
superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{2029.92 \text{ kg}}{0.917 \text{ m}^3} = \frac{2212.90}{90} \text{ kg/m}^3$$

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO**

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	8850	8848	8874
(B) PESO DE MOLDE (g)	2916	2916	2916
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	5934	5932	5958
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	2827	2827	2827
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.099	2.098	2.108
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)</b>	<b>2.10164</b>		
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)</b>	<b>2101.64</b>		

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{2029.92 \text{ kg.}}{2101.636667 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.965876 \text{ m}^3}$$

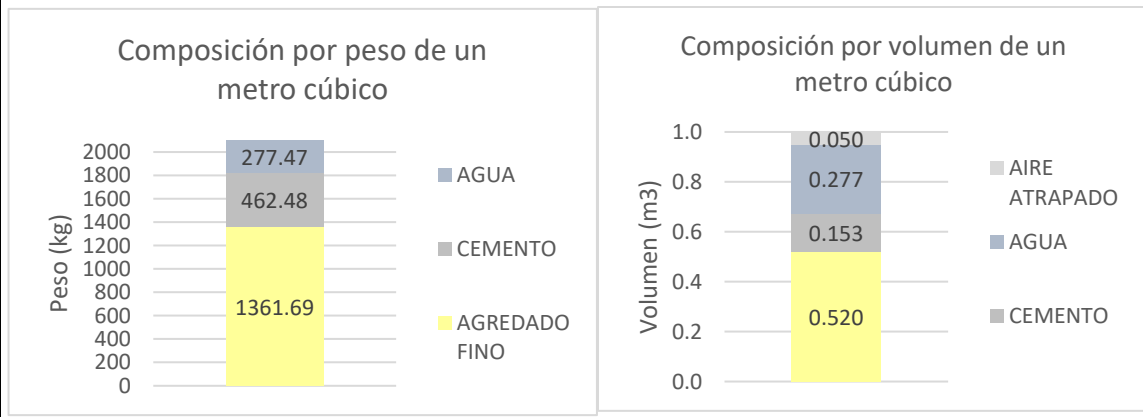
$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.965876 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = \mathbf{0.966}$$

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{446.7 \text{ m}^3}{0.965876 \text{ m}^3} = 462.48 \text{ kg/m}^3 = 10.88 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 5.03 % Método gravimétrico  
 ASENTAMIENTO (SLUMP) 3 1/4"  
 TEMPERATURA DE LA MEZCLA 33.7 °C

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 462.48 kg	0.153 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1361.69 kg	0.520 m3
AGUA	: 277.7 lts.	0.277 m3
AIRE ATRAPADO	: 0.00	0.050 m3
<b>TOTAL</b>	: <b>21064 kg</b>	<b>1.000</b> 0 m3



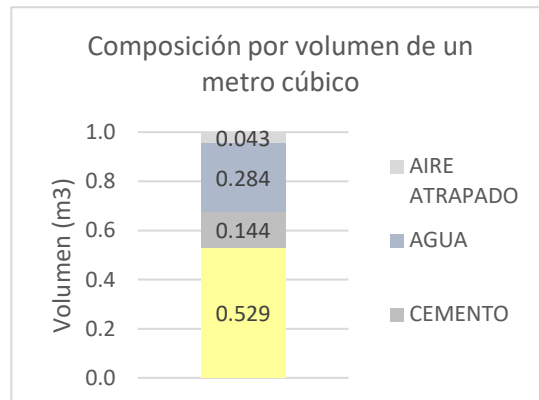
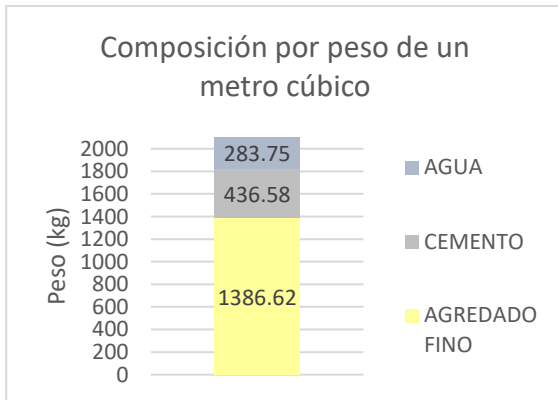
15. Peso unitario de producción y contenido de mezcla de relación a/c 0.65

<b><u>PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO</u></b>			
<b><u>ASTM C-138</u></b>			
<b>Relación agua/cemento:</b>	<b>0.65</b>		
<b><u>DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO</u></b>			
	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO	
CEMENTO	:	418.0 kg	0.13812 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1329.19 kg	0.50722 m3
AGUA	:	272.0 kg	0.27200 m3
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>		2019.69 kg	0.917 m3
S.S.S.* - saturado superficialmente seco			
PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)			
	$T = \frac{2019.69 \text{ kg}}{0.917 \text{ m}^3} = 2201.69 \text{ kg/m}^3$		
<b><u>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</u></b>			
<b>(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)</b>	8872	8883	8862
<b>(B) PESO DE MOLDE (g)</b>	2916	2916	2916
<b>(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)</b>	5956	5967	5946
<b>(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)</b>	2827	2827	2827
<b>(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)</b>	2.107	2.111	2.103
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)</b>	2.10695		
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)</b>	2106.95		
RENDIMIENTO	=	$\frac{2019.69 \text{ kg.}}{2106.946667 \text{ kg/m}^3}$	= <b>0.958586 m3</b>
RENDIMIENTO RELATIVO	=	$\frac{0.958586 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$	= <b>0.959</b>
CONTENIDO DE CEMENTO REAL	=	$\frac{418.5 \text{ m}^3.}{0.958586 \text{ m}^3}$	= <b>436.58 kg/m3</b> = <b>10.27 bolsas/m3</b>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	4.30	%	Método gravimétrico

ASENTAMIENTO (SLUMP) 3 1/2"  
 TEMPERATURA DE LA MEZCLA 32.6 °C

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

		PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	:	436.8 kg	0.144 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1386.2 kg	0.529 m3
AGUA	:	283.5 lts.	0.284 m3
AIRE ATRAPADO	:	0.00	0.043 m3
<b>TOTAL</b>	:	<b>2106.5 kg</b>	<b>1.000 m3</b>



16. Peso unitario de producción y contenido de mezcla de relación a/c 0.70

<b><u>PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO</u></b>			
<b><u>ASTM C-138</u></b>			
<b>Relación agua/cemento:</b>		<b>0.70</b>	
<b><u>DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO</u></b>			
		PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	:	392.90 kg	0.12967 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1343.4 kg	0.51269 m3
AGUA	:	275.00 kg	0.27500 m3
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>		<u>2011.4</u> 4 kg	<u>0.917</u> m3
S.S.S.* - saturado superficialmente seco			
PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)			
$T = \frac{2011.4 \text{ kg}}{0.917 \text{ m}^3} = 2192.64 \text{ kg/m}^3$			
<b><u>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</u></b>			
(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	8861	8864	8862
(B) PESO DE MOLDE (g)	2916	2916	2916
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	5945	5948	5946
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	2827	2827	2827
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.103	2.104	2.103
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)</b>	<b>2.10341</b>		
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)</b>	<b>2103.41</b>		
RENDIMIENTO	=	$\frac{2011.44 \text{ kg.}}{2103.41 \text{ kg/m}^3}$	= <b>0.956276 m3</b>
RENDIMIENTO RELATIVO	=	$\frac{0.956276 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$	= <b>0.956</b>

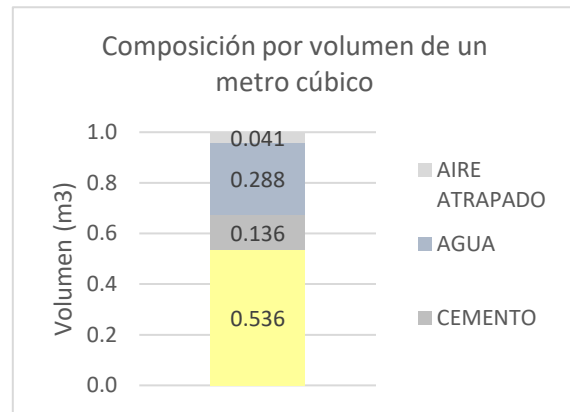
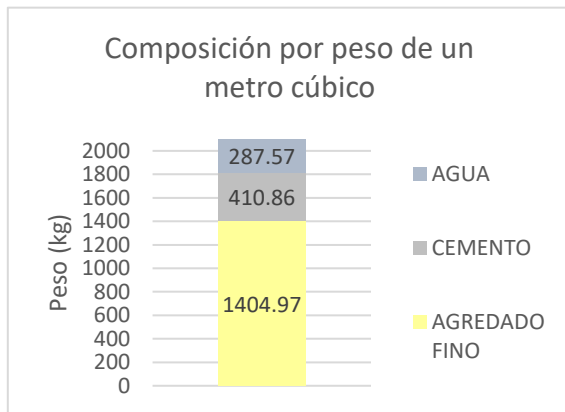


CONTENIDO DE CEMENTO REAL	=	$\frac{392.9 \text{ m}^3}{0.956276}$	=	<b>410.86 kg/m<sup>3</sup></b>	=	<b>9.67 bolsas/m<sup>3</sup></b>
---------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------	---	----------------------------------

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 4.07 % Método gravimétrico  
 ASENTAMIENTO (SLUMP) 3 3/4"  
 TEMPERATURA DE LA MEZCLA 32.5 °C

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

		PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	:	410.86 kg	0.136 m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1404.7 kg	0.536 m <sup>3</sup>
AGUA	:	287.57 lts.	0.288 m <sup>3</sup>
AIRE ATRAPADO	:	<u>0.00</u>	<u>0.041 m<sup>3</sup></u>
<b>TOTAL</b>	:	<b>2103.1 kg</b>	<b>1.0000 m<sup>3</sup></b>



17. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.60 a los 7 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p> <p>Relación agua/cemento: <b>0.60</b></p>										
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.11	164.2	16,742	80.277	209	<b>210</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.99	160.0	16,313	78.383	208	
3	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.99	157.4	16,052	78.383	205	
4	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.98	164.8	16,802	78.148	215	
5	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.92	163.0	16,616	77.288	215	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACION			
4.45					19.80		2.12			

18. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.60 a los 28 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p> <p>Relación agua/cemento: <b>0.60</b></p>										
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.14	200.7	20,465	80.675	254	<b>265</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.98	206.4	21,044	78.148	269	
3	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.94	210.4	21,455	77.6	276	
4	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.97	199.9	20,380	78.069	261	
5	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.98	202.2	20,615	78.148	264	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACION			
8.29					68.70		3.13			

19. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.65 a los 7 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p>										
Relación agua/cemento:		<b>0.65</b>								
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.99	141.4	14,415	78.304	184	<b>187</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.99	142.7	14,549	78.383	186	
3	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.98	146.0	14,890	78.226	190	
4	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	9.96	143.1	14,595	77.835	188	
5	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.00	144.0	14,680	78.461	187	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACION			
2.24					5.00		1.20			

20. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.65 a los 28 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p>										
Relación agua/cemento:		<b>0.65</b>								
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.13	188.2	19,194	80.595	238	<b>240</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.96	183.4	18,704	77.835	240	
3	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.97	182.9	18,654	77.991	239	
4	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.01	185.4	18,909	78.618	241	
5	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.01	187.9	19,156	78.618	244	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACION			
2.30					5.30		0.96			

21. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.70 a los 7 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p>										
Relación agua/cemento:		<b>0.70</b>								
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.05	134.8	13,743	79.327	173	<b>175</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.00	141.5	14,430	78.54	184	
3	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.00	135.8	13,849	78.54	176	
4	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.00	136.9	13,961	78.54	178	
5	TESTIGO	26/04/2021	3/05/2021	7	10.03	125.6	12,803	78.933	162	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACION			
8.11					65.80		4.64			

22. Ensayo de resistencia a la compresión de mezcla relación a/c 0.70 a los 28 días.

<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>  <b>SEGÚN NORMA ASTM C - 39</b></p>										
Relación agua/cemento:		<b>0.70</b>								
N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.00	175.1	17,855	78.461	228	<b>226</b>
2	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.99	169.8	17,315	78.304	221	
3	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.01	177.1	18,058	78.618	230	
4	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	9.99	177.2	18,065	78.383	230	
5	TESTIGO	26/04/2021	24/05/2021	28	10.11	174.4	17,786	80.198	222	
DESVIACIÓN ESTANDAR					VARIANZA		COEF. DE VARIACIÓN			
4.38					19.20		1.94			

23. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, relación a/c 0.60 a los 7 días



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.6

Edad : 7 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1029.53	983.35	965.09	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1146.42	1087.10	1059.19	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1152.98	1090.95	1062.17	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	610.32	579.00	567.29	
Descripción					PROMEDIO
<b>1</b>	Absorción después de inmersión (%)	11.35	10.55	9.75	<b>10.55</b>
<b>2</b>	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	11.99	10.94	10.06	<b>11.00</b>
<b>3</b>	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.897	1.921	1.950	<b>1.92</b>
<b>4</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.113	2.123	2.140	<b>2.13</b>
<b>5</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.125	2.131	2.146	<b>2.13</b>
<b>6</b>	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.456	2.432	2.426	<b>2.44</b>
<b>7</b>	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	22.75	21.02	19.62	<b>21.13</b>

24. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, relación a/c 0.60 a los 28 días



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.6

Edad : 28 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1039.22	972.23	990.51	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1151.83	1075.53	1082.69	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1153.38	1075.86	1083.11	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	607.60	571.69	579.19	
Descripción					PROMEDIO
<b>1</b>	Absorción después de inmersión (%)	10.84	10.63	9.31	<b>10.26</b>
<b>2</b>	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	10.99	10.66	9.35	<b>10.33</b>
<b>3</b>	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.904	1.928	1.966	<b>1.93</b>
<b>4</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.110	2.133	2.149	<b>2.13</b>
<b>5</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.113	2.134	2.149	<b>2.13</b>
<b>6</b>	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.408	2.427	2.408	<b>2.41</b>
<b>7</b>	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	20.92	20.55	18.38	<b>19.95</b>

25. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido,  
relación a/c 0.65 a los 7 días



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.65

Edad : 7 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1042.88	982.43	974.54	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1161.46	1088.22	1073.15	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1170.90	1094.77	1080.38	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	624.05	584.42	578.98	
Descripción					PROMEDIO
<b>1</b>	Absorción después de inmersión (%)	11.37	10.77	10.12	<b>10.75</b>
<b>2</b>	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	12.28	11.43	10.86	<b>11.52</b>
<b>3</b>	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.907	1.925	1.944	<b>1.93</b>
<b>4</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.124	2.132	2.140	<b>2.13</b>
<b>5</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.141	2.145	2.155	<b>2.15</b>
<b>6</b>	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.490	2.468	2.464	<b>2.47</b>
<b>7</b>	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	23.41	22.01	21.11	<b>22.18</b>

26. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido,  
relación a/c 0.65 a los 28 días



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.65

Edad : 28 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1030.25	974.18	999.55	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1143.06	1077.24	1098.97	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1145.72	1078.22	1099.66	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	606.82	573.16	586.03	
Descripción					PROMEDIO
<b>1</b>	Absorción después de inmersión (%)	10.95	10.58	9.95	<b>10.49</b>
<b>2</b>	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	11.21	10.68	10.02	<b>10.63</b>
<b>3</b>	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.912	1.929	1.946	<b>1.93</b>
<b>4</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.121	2.133	2.140	<b>2.13</b>
<b>5</b>	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.126	2.135	2.141	<b>2.13</b>
<b>6</b>	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.433	2.429	2.417	<b>2.43</b>
<b>7</b>	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	21.43	20.60	19.49	<b>20.51</b>

27. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, relación a/c 0.70 a los 7 días



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.7

Edad : 7 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1012.78	1028.69	950.68	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1128.08	1140.36	1050.42	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1145.33	1153.50	1059.10	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	611.44	617.73	568.87	
Descripción					PROMEDIO
1	Absorción después de inmersión (%)	11.38	10.86	10.49	10.91
2	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	13.09	12.13	11.40	12.21
3	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.897	1.920	1.939	1.92
4	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.113	2.128	2.143	2.13
5	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.145	2.153	2.160	2.15
6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.523	2.503	2.490	2.51
7	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	24.83	23.30	22.12	23.41

28. Determinación de la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, relación a/c 0.70 a los 28 días



**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

ASTM C - 642 - 97

**Datos de muestra:**

Relación agua/cemento : 0.7

Edad : 28 días

N° de Ensayos		1	2	3	
Parte de probeta		superior	central	inferior	
<b>A</b>	Masa seca al horno (g)	1047.63	987.28	986.48	
<b>B</b>	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	1163.07	1092.75	1083.64	
<b>C</b>	Masa saturada después de ebullición en el agua (g)	1165.03	1094.17	1084.73	
<b>D</b>	Masa sumergida aparente (g)	615.98	582.03	579.00	
Descripción					PROMEDIO
1	Absorción después de inmersión (%)	11.02	10.68	9.85	10.52
2	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	11.21	10.83	9.96	10.66
3	Densidad seca global (bruta) (g/cm <sup>3</sup> )	1.908	1.928	1.951	1.93
4	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	2.118	2.134	2.143	2.13
5	Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	2.122	2.136	2.145	2.13
6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.427	2.436	2.421	2.43
7	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	21.38	20.87	19.43	20.56

## ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO

1. Recolección de muestra (agregado fino) Cantera Las Amazonas – carretera Iquitos-Nauta km22.



2. Secado del agregado fino en el horno

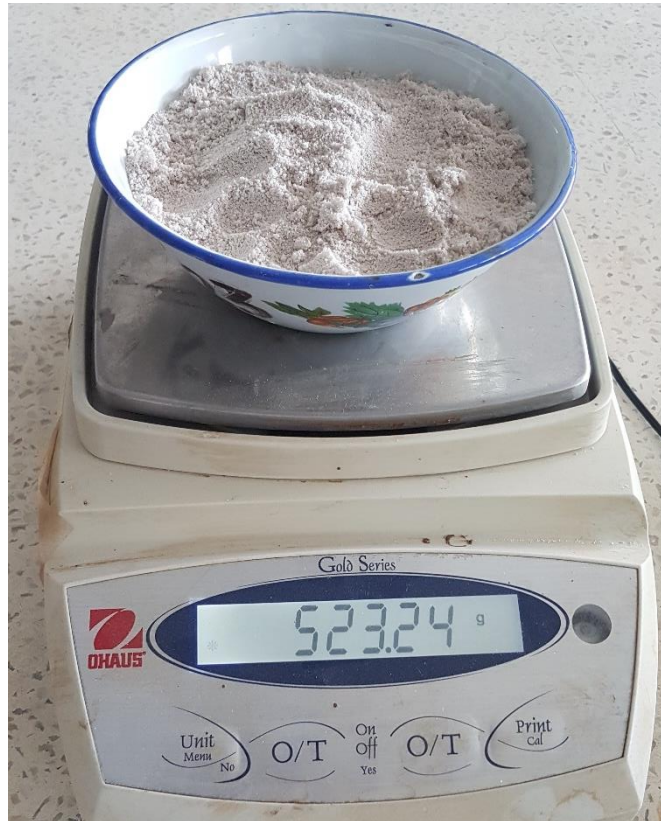




### 3. Agregado saturado superficialmente seco



4. Pesado de muestra seca (agregado fino)



5. Granulometría del agregado fino



6. Cemento, agua y arena para el diseño de mezcla



## 7. Cemento pórtland Tipo GU empleado



### CEMENTO APU

#### **Descripción:**

- Es un Cemento Pórtland Tipo GU obtenido de la molienda Clinker Tipo I y adiciones seleccionadas.

#### **Beneficios:**

- De uso general (Tipo GU).
- Óptimos resultados en las resistencias, trabajabilidad y acabado.
- Brinda alta adherencia a los ladrillos y buen acabado en el trabajo.

#### **Usos:**

- Para todo tipo de obras que no tengan requerimientos especiales de un tipo de cemento.
- Buen acabado de tarrajes de paredes exteriores e interiores con acabados finos y normales.
- Brinda alta adherencia en los ladrillos.

#### **Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C 1157.

#### **Formato de distribución:**

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.

### Recomendaciones

#### **Dosificación:**

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### **Manipulación:**

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### **Almacenamiento:**

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

8. Preparado de la mezcla en el trompo



9. Concreto cemento - arena al estado fresco



10. Ensayo cono de Abrams



11. Slump



12. Peso Unitario del concreto cemento - arena



13. Temperatura del concreto cemento - arena al estado fresco



14. Moldes de 4"x8"

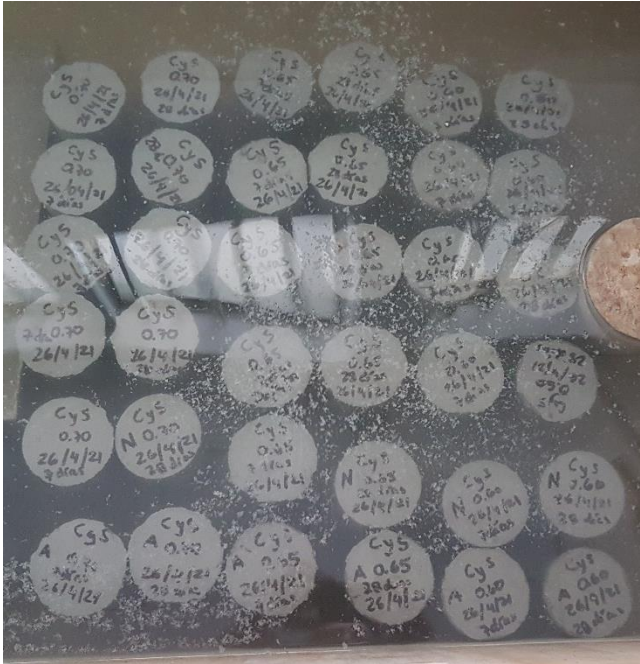


15. Vaciado del concreto cemento – arena en los moldes de 4"x8"





16. Curado de probetas en poza



17. Corte de probetas



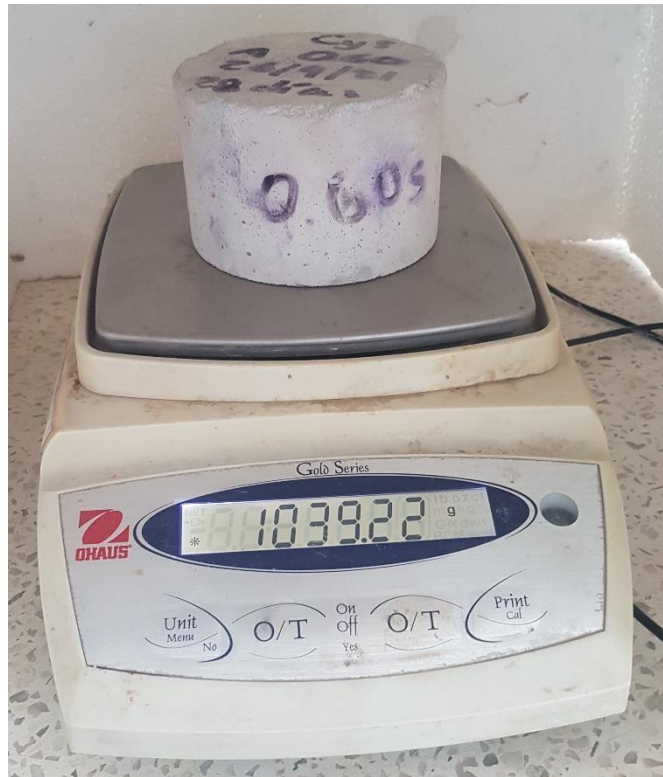
18. Secado de probetas al horno



19. Enfriado de especímenes



20. Peso masa seca



21. Especímenes sumergidos



22. Especímenes secados superficialmente



23. Peso de especímenes superficialmente seco



## 24. Especímenes hirviendo



## 25. Especímenes después de la ebullición



26. Peso después de la ebullición



27. Peso sumergido aparente



28. Probetas para el ensayo de resistencia a la compresión



29. Resistencia a la compresión



