

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c$  210  
kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del 3% en peso del cemento por  
roca de granito pulverizada.**

**Tesis para obtener título profesional de ingeniero civil.**

**AUTOR:**

Márquez Soles, Grecia Nataly

**ASESOR:**

López Carranza, Atilio Ruben

CHIMBOTE – PERU

2018

**PALABRAS CLAVES:**

TEMA	Concreto
ESPECIALIDAD	Resistencia

**KEY WORDS:**

TEMA	Concrete
ESPECIALIDAD	Strength

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Código	Línea
1.0.	Ingeniería
2.0.	Ingeniería y tecnología
2.1.	Ingeniería civil

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO  
F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> CON LA SUSTITUCIÓN DEL 3% EN  
PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO  
PULVERIZADA.

## **RESUMEN**

Este proyecto de investigación se realizó con el objetivo de observar y analizar el comportamiento del concreto sustituyendo la roca granito pulverizado en un porcentaje al peso del cemento para mejorar la resistencia en comparación a un concreto convencional que cumpla las mejores especificaciones técnicas ASTM.

La metodología de esta investigación consistió en seleccionar la roca granito para pulverizarlas y sustituirlas al cemento, para luego diseñar muestras de concreto utilizando cemento portland tipo I tratando de aumentar la resistencia a la compresión, para tal objetivo se realizó una serie de ensayos como ensayo de la resistencia a la compresión, ensayo de peso unitario compactado, ensayo de asentamiento, ensayo de contenido de aire; cuyos resultados fueron procesados, analizados e interpretados con la metodología estadística.

## **ABSTRACT**

This research project was carried out with the objective of observing and analyzing the behavior of concrete by replacing pulverized granite rock in a percentage of the weight of the cement to improve the strength compared to a conventional concrete that meets the best ASTM technical specifications.

The methodology of this research consisted of selecting the granite rock to pulverize them and replace them with cement, to then design concrete samples using type I portland cement trying to increase the resistance to compression, for this purpose a series of tests were carried out as a test of the compressive strength, compacted unit weight test, settlement test, air content test; whose results were processed, analyzed and interpreted with the statistical methodology.

## INDICE

### CONTENIDO

Palabras clave – Key words – Línea de investigación.....	I
Titulo.....	II
Resumen.....	III
Abstract.....	IV
Índice.....	V
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	40
III. RESULTADOS.....	72
IV. ANALISIS Y DISCUSION .....	78
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES .....	81
VII. BIBLIOGRAFIA.....	82
ANEXOS.....	83
PANEL FOTOGRAFICO .....	125

### Gráficos

Gráfico N°01: Resistencia a la compresión vs. edad – Patrón.....	76
Gráfico N°02: Resistencia a la compresión vs. edad – Patrón vs Granito 3%.....	78
Gráfico N°02: Gráfico de barras – Patrón vs Granito 3%.....	79

## I. INTRODUCCIÓN

El presente informe, correspondiente al curso de titulación para obtener el título profesional que tiene como eje fundamental la investigación. El trabajo de investigación presentado es efecto de la sustitución de 3% de cemento por polvo de roca granito en la resistencia de un concreto f'c-210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionalmente, la roca granito es una roca ígnea que se estaría aprovechando correctamente y se obtendría una mejora en la parte ambiental. Se espera que, con los resultados obtenidos, se logren desarrollar un análisis de resultados que lleven a realizar unos diseños óptimos con respecto a la utilización de esta roca ígnea.

### 1.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

Fassbender (1975) Indica que el granito es una roca plutónica ácida (contenido SiO<sub>2</sub>>66%) y su composición química contiene: SiO<sub>2</sub> 70.20%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14.50% y CaO 2.0%. Asimismo, Arias (2001) nos dice que el granito destaca dentro de las rocas ígneas ácidas. Las rocas ígneas resultan del enfriamiento y solidificación de las masas de lava o magmas fundidas. Las rocas ígneas pueden ser ácidas, si el contenido de óxido de sílice es mayor de 62% (SiO<sub>2</sub> > 62%) o básicas, si el contenido de óxido de sílice es menor de 62% (SiO<sub>2</sub> < 62%). En ese mismo sentido, Gass, Smith y Wilson (2002). Indican la composición química de las rocas Granito, el cual contiene SiO<sub>2</sub> 72.3%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14% y CaO 1.4%. Además, la mayoría de los análisis son de muestras de rocas tomadas en Europa y América del Norte, mientras que hay pocos de Asia o África. Por otra parte Díaz y Bocanegra (2015) En su tesis registran que adicionando polvo de roca gabro en un 5% a un concreto patrón se alcanzó una resistencia promedio que supera lo establecido que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo, podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100%

de lo establecido respectivamente. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas adicionando polvo de roca gabro en comparación con las probetas patrón. Finalmente Llenque y Márquez (2015) En su tesis registran que sustituyendo el cemento en un 5 % el polvo de roca Granito su resistencia fue menos 1.91% con respecto al diseño patrón, pero el material tiene propiedades cementantes ya que su resistencia iba aumentando a las 7, 14 y 28 días.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El cemento es un material costoso y el más usado en la industria de la construcción; y la producción de este material genera un alto grado de contaminación por las horas de energía que se necesita para que se queme esta materia. Por lo que se propone una nueva opción empleando el polvo de roca Granito como sustituto en reemplazo de un porcentaje del peso del cemento, disminuyendo su alto costo y la contaminación que genera producir esta materia. La existencia en gran cantidad de roca Granito en la zona permitiría aprovecharlas en la industria de la construcción. El alto contenido de sílice y aluminio podría favorecer sobre la resistencia a la compresión de concretos.

## **1.3 PROBLEMA**

¿Cómo varía la resistencia del concreto sustituyendo en un 3% al cemento con roca granito pulverizada con respecto a un concreto convencional  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ?

## **1.4 CONCEPTUALIZACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1 CONCRETO**

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

**CONCRETO= CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA**

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 (McCormac, 2011, p. 1).

#### **1.4.1.1 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO**

- a. Ligantes:
  - a.1. Cemento
  - a.2. Agua
- b. Agregados:
  - b.1. Agregado fino: Arena
  - b.2. Agregado grueso: Grava, piedra chancada, confitillo, escoria de horno.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son:

- Dosificación
- Mezclado
- Transporte
- Colocación
- Consolidación
- Curado

#### **a. LIGANTES**

##### **a.1. CEMENTO PORTLAND**

También llamado cemento hidráulico, es un conglomerante que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada concreto. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de

fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. (Antezana, 2006, p. 1)

- **Compuestos químicos del cemento portland:**

Existen 4 compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

- **Silicato tricálcico ( $C_3S$ )**, es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del  $C_3S$  con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta del cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.
- **Silicato dicalcico ( $C_2S$ )**, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta del cemento.
- **Aluminio tricalcico ( $C_3A$ )**, el yeso agregado al cemento portland durante la trituration y molienda en el proceso de fabricación se combina con el  $C_3A$  para controlar el tiempo de fraguado.
- **Aluminoferrita tricalcica ( $C_4AF$ )**, es semejante al  $C_3A$  porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

*Las propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento portland (C150).*

### **Clasificación Del Cemento Portland**

**TIPO I:** es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

**TIPO II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

**TIPO III;** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo II.

**TIPO IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

## **¿QUE ES FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO?**

Se denomina fraguado del concreto a la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: a) Fraguado inicial, cuando la masa empieza a perder plasticidad; b) Fraguado final, cuando la pasta de cemento se convierte en un bloque rígido, es decir, deja de ser deformable. El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia. (Quiroz y Salamanca, 2006, p. 10)

## **¿QUE SIGNIFICA CALOR DE HIDRATACIÓN?**

Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse, fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50° C en presas, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras. En el vaciado de grandes volúmenes es indispensable controlar este efecto si no se desea sufrir desagradables sorpresas. Se debe usar cemento de bajo calor de hidratación y/o puzolanas. El calor de hidratación del cemento se mide en calorías gramo, cuanto, menor sea el calor de hidratación del cemento menor será la temperatura a que se eleve el concreto.

Los calores de hidratación son:

$$\begin{array}{ll} C_3S = 120 \text{ cal/gr} & C_3A = 107 \text{ cal/gr} \\ C_2S = 62 \text{ cal/gr} & C_4AF = 100 \text{ cal/gr} \end{array}$$

### **a.2. EL AGUA**

Es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

## **b. AGREGADOS:**

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. Los agregados naturales se clasifican en:

**b.1. Agregados finos:** se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

**b.2. Agregado Grueso:** se define al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037, y pueden ser:

- **Grava**, comúnmente llamado "canto rodado", proveniente de la disgregación, natural de las rocas por acción del hielo y otros agentes atmosféricos encontrándose en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.
- **Piedra partida o chancada**, se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas, como agregado grueso se puede usar cualquier tipo de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Su función es dar volumen y aporta su propia resistencia.

**b.3. MODULO DE FINEZA:** Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 ½ ", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100. Según la norma ASTM la arena debe tener un

módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. Módulos de fineza comprendidos entre 2.2 y 2.8 producen Concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación. Módulos de fineza comprendidos entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para concretos de alta resistencia.

**b.4. TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADOS:** El tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura en la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al cribar por ella el agregado más grueso.

#### **b.5. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS**

- **Contenido de Humedad ( w )**

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje es por definición:

$$\% \text{ humedad} = \% w = \frac{H-S}{S} \times 100$$

Donde:

H = peso del agregado húmedo

S = peso del agregado en condición seca.

- **Absorción (a)**

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente se expresa generalmente en porcentaje.

$$\% \text{ absorción} = \% a = \frac{D-S}{S} \times 100$$

Donde:

D = peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = peso del agregado en condición seca

- **Humedad Superficial**

La humedad superficial viene dada por la diferencia entre el contenido de humedad (%w) y el porcentaje de absorción (%a).

Casos que se presentan:

- a) Si  $\%w > \%a$ , en este caso el agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para encontrar el agua efectiva o neta.
- b) Si  $\%w < \%a$ , en este caso el agregado tomará agua de la mezcla (agua que le falta) para llegar a la condición ideal, debiendo aumentarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

**1.4.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO:**

**1.4.1.2.1 Trabajabilidad**, es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

**1.4.1.2.2 Consistencia**, está definida por el agregado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

**Ensayo de consistencia del concreto.**

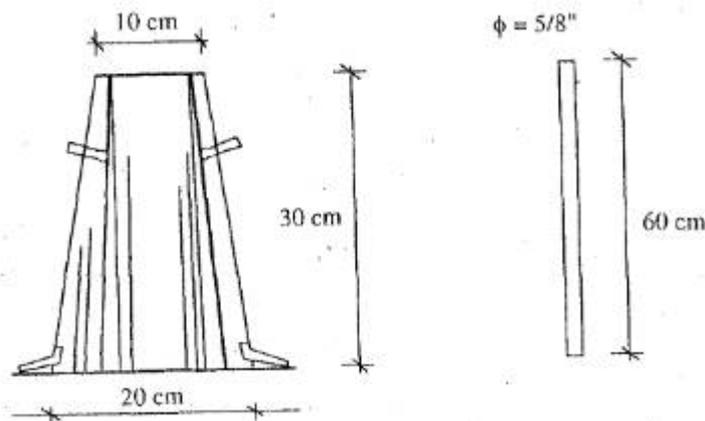
- **Método.** El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “SLUMP TEST”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

#### - **Equipo**

El equipo necesario consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre sí midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos la altura del molde es de 30 cms. El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5mm. Se sueldan al molde asas y aletas de pie para facilitar la operación. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica.

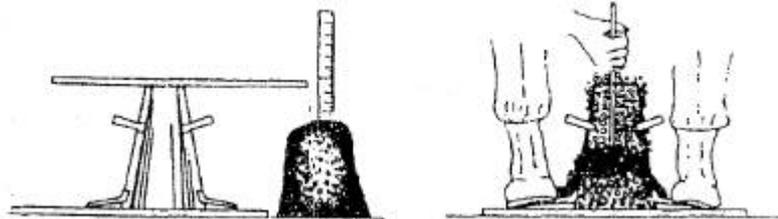


#### - **Procedimiento de ensayo**

1. El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se

vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

2. En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
3. La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
4. El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina slump.
5. Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



- **Clases de mezclas según su asentamiento**

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

- **Limitaciones de Aplicación**

El ensayo de Abrams sólo es aplicable en concretos plásticos, con asentamiento normal (mezclas ricas y con un correcto dosaje de agua). No tiene interés en las siguientes condiciones: En el caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia. Cuando el contenido de agua es menor de 160lts por m<sup>3</sup> de mezcla.

En concretos con contenido de cemento inferior a 250 kg/m<sup>3</sup>.

Cuando existe un contenido apreciable de agregado grueso de tamaño máximo que sobrepasa las 2,5".

**1.4.1.2.3 Segregación.**

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este, en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

**1.4.1.2.4 Resistencia.**

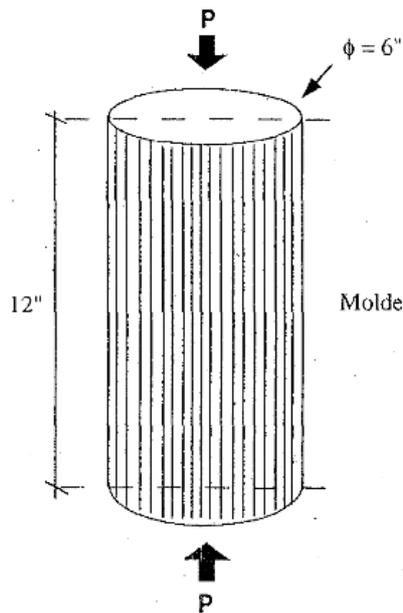
La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la compresión de un concreto ( $f_c$ ) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo.

**a. Equipo en obra**

- Moldes cilíndricos, cuya longitud es el doble de su diámetro (6" x 12")
- Barra compactadora de acero liso, de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud. La barra será terminada en forma de semiesfera.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería.
- Aceites derivados de petróleo, como grasa mineral blanda.



$$f_c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = \frac{\pi(\phi)^2}{4}$$

**b. Procedimiento para obtener Muestra**

1° Se deberá obtener una muestra por cada 120 m<sup>3</sup> de concreto producido ó 500 m<sup>2</sup> de superficie llenada y en todo caso no menos de un día.

- 2° La muestra de concreto se colocará en una vasija impermeable y no absorbente, de tamaño tal que sea posible el remezclado, antes de llenar los moldes.
- 3° Se deben preparar tres probetas de ensayo de cada muestra para evaluar la resistencia a la compresión en determinada edad, por el promedio.  
Generalmente la resistencia del concreto se evalúa a las edades de 7 y 28 días.
- 4° Luego del remezclado, se llena de inmediato el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación con la barra mediante 25 golpes verticales. El proceso se repite en las 2 capas siguientes, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1" . En la última, se coloca material en exceso, para enrazar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.
- 5° Después de consolidar cada capa, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la barra de compactación, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.
- 6° La superficie del cilindro será terminada con la barra o regla de madera, de manera de lograr una superficie plana, suave y perpendicular a la generatriz del cilindro.
- 7° Las probetas se retirarán de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas, para luego sumergirlas en agua para su curado.

### **c. Factores que afectan la Resistencia**

- **La relación agua- cemento (a/c).**- Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

- **El contenido de cemento.** La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.
- **El tipo de cemento.** La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.
- **Las condiciones de curado.** Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo.

### 3.5 Ley de Powers

La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/espacio ocupada por el gel y de la relación agua cemento. Es decir:

$$S = 2380x^3; \text{ siendo } x = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$$

Donde:

S = Resistencia del concreto a los 28 días, expresado en kg/cm<sup>3</sup>.

x = relación gel/espacio

$\alpha$  = grado de hidratación del cemento

a/c = relación agua – cemento

#### 1.4.1.2.5 Exudación

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

#### **1.4.1.2.6 Durabilidad**

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie., acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

#### **1.4.1.2.7 Impermeabilidad**

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

### **1.4.1.3 PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL**

#### Información Y Procedimiento Para El Diseño De Mezclas

##### **1.4.1.3.1 Información**

Será útil la siguiente información de materiales disponibles:

- a.- Análisis Granulométrico del Agregado fino y grueso.
- b.- Peso unitario del agregado grueso.
- c.- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad de los agregados a utilizarse.
- d.- Tipo y marca del cemento Portland escogido.
- e.- Peso específico del cemento Portland.
- f.- Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.
- g.- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

**Nota.-** En el caso en que no se disponga de las 2 últimas informaciones (f,g), los valores estimados en las tablas N° 2 y N° 3 pueden ser utilizados.

##### **1.4.1.3.2 Procedimiento**

- a) La obtención de los pesos de las mezclas de concreto especificado, se hace siguiendo una secuencia de pasos lógicos y directos, los cuales, acomodan las características de los materiales disponibles; en una mezcla adecuada para el trabajo. El problema de la adecuabilidad, no se deja frecuentemente al criterio de quien va a diseñar la mezcla. Las especificaciones con que el diseñador cuenta pueden ser algunas o todas las siguientes:
  - Máxima relación agua- cemento

- Mínimo contenido de cemento.
- Contenido de aire.
- Asentamiento (slump)
- Tamaño máximo de agregado
- Resistencia
- Otros requerimientos, tales como: Resistencia de sobre diseño, aditivos y tipos especiales de cemento o agregados.

b) Prescindiendo de si las características del concreto son dadas en las especificaciones o son dejadas al criterio de quien diseña las mezclas, obtendremos los pesos de las mezclas por metro cúbico de concreto de la siguiente manera:

### **PASO 1: Selección del Asentamiento**

Si las especificaciones de obra no dan el asentamiento de la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N° 1, podemos seleccionar un valor adecuado para el determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

TABLA N°01

*ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCION*

TIPOS DE CONSTRUCCION	MAXIMO*	MINIMO
- Zapatas y Muros de cimentación reforzados.	3"	1"
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
- Vigas y Muros reforzados	4"	1"
- Columnas de edificios	4"	1"
- Pavimentos y losas	3"	1"
- Concreto ciclópeo	2"	1"

Estos valores de asentamiento mostrado se aplicarán cuando el método de consolidación utilizado sea vibración.

\* Cuando se utilizan métodos de consolidación del concreto, diferentes de vibración, estos valores pueden ser incrementados en 1".

Concretos bombeables deben tener como mínimo 5" de asentamiento (slump).

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3 a 4"
Fluida	≥ 5"

## **PASO 2: Selección del tamaño máximo del agregado**

Los concretos con mayor tamaño de agregados, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto que tamaños menores.

El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso (piedra) nunca será mayor de:

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

En el caso en que la trabajabilidad y los métodos de consolidación sean lo suficientemente buenos como para que el concreto sea colocado sin cangrejas, las 3 limitaciones anteriores pueden ser más flexibles. Como ya se ha

mencionado anteriormente, para una relación agua - cemento dada, la reducción en el tamaño máximo del agregado nos lleva a un incremento en la resistencia del concreto.

### **PASO 3: Estimación del agua de mezclado y contenido de aire**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

La tabla N° 2, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado. Como se observa, la tabla N° 2 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Se hace presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que, dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores. Estas diferencias en las demandas de agua no repercuten necesariamente en la resistencia final del concreto debido a que otros factores de compensación están involucrados. Así pues, por ejemplo, podemos esperar que 2 tipos de agregados, uno redondo y otro angular, ambos bien graduados y de buena calidad, produzcan concretos de muy similar resistencia a la comprensión para el mismo factor de cemento a pesar de las diferentes cantidades de agua de mezclado requerido (como consecuencia de las

diferentes relaciones agua-cemento utilizadas). Se puede concluir diciendo que las formas de las partículas de un agregado no es un índice de la calidad de producción de resistencia.

La tabla N° 2 muestra además, la cantidad aproximada de aire atrapado a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y el promedio recomendado del contenido total de aire para concretos en los, cuales el aire es incorporado intencionalmente por razones de durabilidad. Es necesario recordar que concretos con aire incorporado, deberá siempre usarse para estructuras expuestas a ciclos de congelación y deshielo y generalmente para estructuras expuestas al agua de mar o sulfatas.

#### **PASO N° 4: Selección de la relación agua-cemento (a/c)**

La relación agua- cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

Desde que diferentes agregados y cementos, producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua - cemento, es muy útil tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua- cemento para los materiales a ser usados en la preparación de la mezcla. En el caso de no contar con estos datos, valores aproximados y relativamente conservadores para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 pueden ser tomados de la tabla N° 3 si en la preparación del concreto se utilizan materiales típicos, entonces las relaciones agua - cemento tabuladas producirán

las resistencias mostradas, las cuales se han obtenido ensayando muestras a los 28 días, curados bajo condiciones estándares de laboratorio. La resistencia promedio que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada por el proyectista en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados.

TABLA N° 2

*REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS.*

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en litro/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Estas cantidades de agua de mezclado se utilizarán en el cálculo del factor cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 ó ITINTEC 400.037) Los valores del asentamiento en concretos que contienen agregados con tamaño máximo mayor de 1 1/2", están basados en ensayos de asentamientos hechos después de retirar, por cernido húmedo las partículas mayores de 1 1/2".

La resistencia promedio ( $f'_{cp}$ ) que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada en los planos ( $f'_c$ ) por el proyectista, en un margen suficiente como para mantener el

número de ensayos dentro de los límites especificados (ver 4.3.3). Se calculará la relación a/c para el ( $f'_{cp}$ )

Para condiciones de exposición severa, la relación agua - cemento deberá mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse, con valores mayores. En la tabla N° 4 se muestran los máximos valores.

TABLA N° 3

*RELACION AGUA- CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ( $f'_c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>*</sup>	RELACION AGUA- CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

$$f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - tv}$$

\* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla N°2. Para una relación agua- cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

Las resistencias se basan en cilindros de prueba de 15 x 30 cm, de curado húmedo durante 28 días, a una temperatura de 23°C, de acuerdo con la sección 9(b) de la norma ASTM C. 31, que indica cómo hacer y curar especímenes para pruebas de compresión y flexión del concreto en obra. Las resistencias de los cubos de prueba serán mayores aproximadamente en 20%.

Las relaciones mostradas han sido obtenidas para un tamaño máximo del agregado comprendido entre 3/4" y 1" para una cantera dada. Se debe tener en cuenta que la resistencia producida por una relación agua - cemento dada se incrementará conforme el tamaño máximo del agregado disminuye.

TABLA N° 4

*MAXIMA RELACION AGUA -CEMENTO PERMISIBLE  
PARA CONCRETOS SOMETIDOS A EXPOSICION SEVERA*

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructuras que están continua o frecuentemente húmedas y expuestas a	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3cm. de	0.45	0.40 **
Cualquier otro tipo de estructura.	0.45	0.40 **

\* El concreto deberá ser con aire incorporado.

\*\* Si es usado cemento resistente a los sulfatos (tipo II o tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua- cemento permisible puede ser aumentado en 0.05.

**PASO 5.- Cálculo del Contenido del Cemento.**

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (paso 3) dividido entre la relación agua- cemento (paso 4)

$$\text{contenido de cemento} \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{agua de mezclado} \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{\text{relacion} \frac{a}{c} \text{ (para } f'cp \text{)}}$$

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

El empleo de aditivos químicos o puzolana, afectará las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido, justificándose el empleo de estos productos por razones de economía o para procurar propiedades especiales del concreto.

Para la determinación de un primer estimado del contenido de cemento se puede trabajar con las recomendaciones obtenidas del productor del Aditivo, así como de las modificaciones de los requerimientos de agua de mezclado en el Paso N° 3 y relaciones de resistencia en el paso N° 4.

La determinación final del contenido de cemento deberá basarse en mezclas de prueba, ajustadas de acuerdo al paso N° 9 para obtener todas las propiedades deseadas en el concreto.

#### **PASO 6. - Estimación del Contenido de Agregado Grueso.**

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto. La tabla N° 5, nos proporciona valores aproximados para estos volúmenes de agregado. Como puede observarse,

para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Las diferencias en la cantidad de mortero requerido por razones de trabajabilidad con diferentes agregados, debido a diferencias en el perfil y granulometría de las partículas, son compensadas automáticamente por las diferencias en el contenido de vacíos del material seco y compactado. El peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la tabla N° 5, multiplicado por el peso unitario seco y compactado de) agregado grueso.

$$\langle \text{cantidad de agregado grueso (kg)} \rangle = \left[ \begin{array}{c} \text{volumen de} \\ \text{agregado} \\ \text{grueso de la} \\ \text{tabla N°5 (m}^3\text{)} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{peso unitario seco} \\ \text{y compactado del} \\ \text{agregado} \\ \text{grueso } \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \end{array} \right]$$

**TABLA N°5**  
**VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE**  
**VOLUMEN DE CONCRETO**

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
R	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C.29. Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales. Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aproximadamente. Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

El módulo de fineza de la arena = la suma de las relaciones (acumulativas) retenidas en mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 dividida por 100.

#### **PASO 7.- Estimación del contenido de agregado fino.**

Existen 2 métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido el paso N° 6, todos los concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes. Es decir:

$$\text{Peso del agregado fino(kg)} = \text{Peso del concreto (kg)} - \left( \left[ \begin{array}{c} \text{peso del} \\ \text{agregado} \\ \text{grueso(kg)} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del} \\ \text{cemento} \\ \text{(kg)} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del} \\ \text{agua de} \\ \text{mezclado} \\ \text{(kg)} \end{array} \right] \right)$$

##### **a) Método de los Pesos**

Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra. En ausencia de tal información, la tabla N° 6 puede ser empleada en un primer

estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.

La fórmula para calcular el peso del concreto fresco por metro cúbico es:

$$P.U. = 10 \text{ Yag} (100-A) + C (1-Yag/ Yce) - W( Yag-1 ) \dots (\infty)$$

donde:

P.U. = Peso del concreto fresco en kg/m<sup>3</sup>

Yag = Peso Específico Promedio de la combinación de Agregados fino y grueso en condiciones S.S.S.

Yce - Peso Específico del cemento generalmente 3.15.

A = Contenido de aire en porcentaje W = Agua de mezclado requerido, en kg/m<sup>3</sup> C = Cantidad de cemento requerido, en kg/m<sup>3</sup>.

#### **b) Método de los Volúmenes Absolutos**

Un procedimiento más exacto para el cálculo de la cantidad de agregado fino por metro cúbico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos. En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso). El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico.

$$Volumen = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

TABLA N° 6

*PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO FRESCO (\*)*

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA-ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO EN kg/m <sup>3</sup>	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4.	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

\* Los valores han sido calculados empleando la ecuación (a) para concretos de riqueza media (330 kg. de cemento por m<sup>3</sup> de concreto) y asentamiento medio para agregados con peso específico de 2.7.

Los requerimientos de agua se han basado en valores de 3" a 4" de asentamiento de la tabla N° 2.

Si se desea, la estimación del peso puede ser refinado como sigue:

- Por cada 5 kg. de diferencia de agua de mezclado de los valores de la tabla N° 2 para valores de asentamiento de 3" a 4", se debe corregir el peso por nF en 8 kgs. en la dirección opuesta.
- Por cada 20 kg. de diferencia en el contenido de cemento, de 330 kg. corregir el peso por nP en 3 kgs. en la misma dirección.
- Por cada 0.1 de variación en el peso específico del agregado, en relación a 2.7 corregir 70 kgs. en la misma dirección.

### **PASO 8.- Ajuste por contenido de humedad de los agregados.**

Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que: contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

Por lo tanto:

$$\text{agregado grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad total} = W_g \% \\ \% \text{ de absorción} = a_g \% \end{array} \right\}$$

$$\text{agregado fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad total} = W_f \% \\ \% \text{ de absorción} = a_f \% \end{array} \right\}$$

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo (kg)} = \left[ \text{Peso del agregado grueso seco (kg)} \right] \times W_g \%$$

$$\text{Peso del agregado fino húmedo (kg)} = \left[ \text{Peso del agregado fino seco (kg)} \right] \times W_f \%$$

### **PASO 9 - Ajuste de las mezclas o coladas de prueba**

Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben ser comprobadas, para lo cual se prepara mezclas de ensayo o de prueba con los materiales a ser empleados en obra, de acuerdo a la norma C192 del ASTM, o empleando tandas reales preparadas en obra. ‘

Se verificarán en estos ensayos las condiciones de trabajabilidad, adecuada ausencia de segregación y buen acabado, debiendo ajustar si son necesarias las proporciones de la siguiente manera:

- a. La cantidad de agua de mezclado necesaria para obtener el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, deberá ser igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en  $m^3$ . Si el asentamiento de la mezcla de prueba no fue el correcto, se debe incrementar o disminuir el contenido de agua estimada en  $2 \text{ lt}/m^3$  de concreto por cada incremento o disminución de 1 era en el asentamiento deseado.
- b. Para ajustar por el efecto de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba de un concreto con aire incorporado, se debe incrementar o reducir el contenido de agua de mezclado del acápite anterior en  $3 \text{ lt}/m^3$  de concreto por cada \% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de mezcla de prueba previa.
- c. El peso unitario estimado nuevamente del concreto fresco para el ajuste de proporciones de la mezcla para prueba, es igual al peso unitario en  $\text{kg}/m^3$  medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.
- d. Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso N° 4, si es necesario se modificará el volumen del agregado grueso de la tabla N° 5 para obtener una trabajabilidad apropiada.

#### **1.4.1.3.3 Evaluación del grado de control**

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está

ensayando y el cuidado con que se han hecho los ensayos. La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el promedio, y las más comunes de grado de uniformidad son la desviación estándar y el coeficiente de variación.

- a. Desviación estándar ( $\sigma$ ).**- La desviación estándar se utiliza para evaluar la dispersión de datos respecto al promedio. La manera de hallar la desviación estándar depende del número de muestras que se tenga en cuenta para la ejecución del control de calidad de la producción; así:

Para un número de muestras menores de 30:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Para un número de muestras mayores de 30:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

donde:

$x$  = Resistencia a la compresión de la muestra

$\bar{x}$  = Resistencia a la compresión promedio

$n$  = número de muestras

La desviación estándar tiene las mismas unidades que los valores originales.

- b. Coeficiente de variación ( $v$ ).**- El coeficiente de variación es el resultado de dividir la desviación estándar entre la resistencia promedio.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

El coeficiente de variación es adimensional y se expresa generalmente en porcentaje. Los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v), se muestra en la tabla N° 7.

TABLA N° 7  
COEFICIENTO DE VARIACION V

GRADO DE CONTROL	COEFICIENTE VARIACION V
Ensayos de laboratorio	5%
Excelente en obra	10% a 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

El coeficiente de variación de las muestras de ensayo tomadas en obra y utilizadas en el control de la resistencia a la compresión del concreto, toma en cuenta los coeficientes de variación de la compañía constructora ( $v_1$ ) y del laboratorio encargado del control ( $v_2$ ) y se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

- c. Resistencia promedio ( $f'_{cp}$ ).**-Para diseñar una mezcla de concreto de tal modo que no más de un cilindro entre 10, ó un cilindro entre 20, tenga una resistencia menor que la resistencia especificada por el proyectista ( $f'c$ ), se tiene que proporcionar la mezcla para una resistencia promedio mayor ( $f'_{cp}$ ). Esto se puede lograr aprovechando la experiencia previa. Para una primera estimación puede utilizarse la expresión dada por el Comité Europeo del Concreto.

$$f'cp = \frac{f'c}{1 - tv}$$

F'cp = Resistencia promedio necesaria

f'c = Resistencia a la compresión especificada por el proyectista,

v = Coeficiente de variación prevista según el grado de control, ex-presado en forma decimal.

t = Constante que depende del porcentaje de datos que pueden ser menores que el especificado y del número de muestras necesario para establecer v.

Los valores del coeficiente “t” se dan en la tabla N° 8

Asimismo Walker encontró un método de cálculo de la resistencia promedio en función del coeficiente de variación de las muestras de ensayo y de otro coeficiente que depende del número de veces, 9 de cada 10 ó 99 de cada 100, que una muestra de ensayo pasa un determinado porcentaje de la resistencia de diseño especificada. El coeficiente de aplicación se muestra en la tabla N° 9

TABLA N° 8  
VALORES DE “t”

Número de muestras menos 1	Posibilidades de caer debajo del límite inferior		
	1 en 5	1 en 10	1 en 20
1	1.376	3.078	6.314
2	1.061	1.886	2.920
3	0,978	1.638	2.353
4	0.941	1.533	2.132
5	0.920	1.476	2.015
6	0.906	1.440	1.943
7	0.8%	1.415	1.895
8	0.889	1.397	1.860
9	0.883	1.383	1.838

10	0.879	1.372	1.812
15	0.866	1.341	1.753
20	0.860	1.325	1.725
25	0.856	1.316	1.708
30	0.854	1.310	1.697
+30	0.842	1.282	1.645

t: Coeficiente que depende del número de resultados inferiores a  $P_c$  y del número de muestras empleadas para el cálculo del coeficiente de variación ( $v$ )

TABLA N° 9

*RESISTENCIA PROMEDIO. PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA  
ESPECIFICADA*

Coeficiente de Variación $v$	Para 9 muestras de ensayo en 10 pasando el porcentaje de la resistencia especificada				Para 99 muestras de ensayo en 100 pasando el porcentaje de la resistencia especificada			
	100	90	80	70	100	90	80	70
5	107	--	--	--	113	102	--	--
10	115	103	--	--	130	117	104	--
12	118	106	--	--	139	125	111	--
15	124	111	100	--	154	139	123	108
18	130	117	104	--	173	155	138	121
20	135	121	108	--	188	169	150	131
25	147	133	118	103	241	216	192	168

TABLA N° 10

*FACTORES PARA CALCULAR LA DESVIACION  
ESTANDAR EN LOS ENSAYOS*

N° de especímenes	$d_2$	$1/d_2$
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

TABLA N° 11

*PORCENTAJE DE AGREGADO FINO*

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
3"	34	32	30	28	41	38	36	34
Agregado Fino Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
3"	35	33	31	30	43	40	38	36
Agregado Fino Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42
3"	39	36	34	32	46	43	41	39

TABLA N° 12

*MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS*

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

- Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobre arenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

## **1.4.2 ROCA GRANITO**

### **1.4.2.1 CONCEPTO**

El granito, también conocido como piedra berroqueña, es una roca ígnea de color claro y grano grueso que está compuesta de esencialmente por cuarzo (al menos un 20%), feldespato y mica. Es una roca leucocrática con cristales de tamaño medio hasta grande. Según los estándares de Unión Internacional de Ciencias Geológicas refiere una composición estricta, el término granito es a menudo usado dentro y fuera de la geología en un sentido más amplio incluyendo a rocas como tonalitas y sienitas de cuarzo. Los científicos para el uso amplio de granito han adoptado el término granitoide. Los granitoides son las rocas más abundantes de la corteza continental superior. Los granitoides cubren el 4,5 % de la corteza terrestre y el 15 % de los continentes. (Diccionario de Ciencias de la Tierra, 2004, p.383)

### **1.4.2.2 ORIGEN**

La roca granito carece de un origen único y se pueden formar de varias maneras. Los granitos provienen de magmas y los magmas de la fusión parcial o anatexia de rocas en la corteza o el manto terrestre. Según el origen del magma los granitoides pueden clasificarse en los tipos I, S, A y M.8 El tipo I deriva de magmas originados en el manto y la corteza inferior. El tipo S proviene de magma producto de la fusión parcial de rocas

sedimentarias o de rocas de la corteza superior. Al contrario de los tipos I y S que son comunes las zonas de orogénesis el tipo A, de anorogénico y alcalino,<sup>10</sup> ocurre en contextos que no están asociados a la formación de cordilleras. El tipo M se distingue de los demás por tener una proveniencia directa de magmas del manto.

Los granitoides que son originados de la magma proveniente de la corteza inferior son relacionados por científicos con migmatitas de tal manera que se han interpretado estas últimas rocas de tres maneras: el producto de anatexis que origina a magma granítico, el producto de la inyección de magma granítico a rocas metamórficas, el producto de un proceso de transformación de roca metamórfica en granito en el sitio.

#### **1.4.2.3 GRANITO EN LA CONSTRUCCION**

En cuanto a su aplicación en la construcción, el granito es una de las rocas más empleadas sobre todo en forma de placas pulidas para revestimiento de exteriores e interiores. También se utiliza en grandes bloques como elemento arquitectónico de tipo sillería, mientras que triturada, o cuando está ya triturada de forma natural por la tectónica, se emplea como árido, e también directamente como balasto para líneas férreas. Las arenas que se forman por alteración sobre sus afloramientos también se pueden aprovechar para la construcción.

Al emplear los agregados en obras de ingeniería, por ejemplo en el caso de concretos hidráulicos, la resistencia de éstas, se relaciona directamente con la resistencia del agregado, resistencia estrechamente relacionada con la estructura de los granos de la partícula, o con el proceso de trituración y explotación; algunos procedimientos inadecuados inducen previamente fallas en las partículas. Se han desarrollado algunas pruebas para determinar la resistencia del agregado a la trituración, que permiten dar una idea acerca del comportamiento del agregado en el concreto.

#### 1.4.2.4 COMPOSICION QUIMICA:

TABLA N° 13  
COMPOSICION QUIMICA DE LA ROCA GRANITO

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	54.558	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	36.996	
Oxido de magnesio (MgO)	8.260	
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.098	
Cloro (Cl)	0.049	
Oxido de paladio (PdO)	0.024	
Oxido de plata (Ag <sub>2</sub> O)	0.015	

*\*Valores de óxidos calculados del análisis elemental.*

FUENTE: LABORATORIO LABICER - UNI

#### OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

##### Variable Dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
<b>Resistencia del concreto a la compresión</b>	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta bajo una carga 210Kg.	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>

### **Variable independiente:**

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
<b>Adición de polvo de roca granito</b>	Es la sustitución del polvo de roca granito en un porcentaje del cemento en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentaje 3%.

## **1.5 HIPOTESIS**

Cuando se sustituye el peso del cemento en un 3% por roca granito pulverizada activada mecánicamente, se mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la resistencia a la compresión de la sustitución de 3% de cemento por roca Granito pulverizada en la resistencia de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Activar mecánicamente la roca granito a  $75 \mu\text{m}$ .
- ✓ Caracterizar la composición química de la roca Granito pulverizada.
- ✓ Caracterizar la alcalinidad del polvo de roca Granito y de la mezcla roca Granito-Cemento.
- ✓ Determinar la resistencia de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar los resultados.

## II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO:

### 2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

El tipo de investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo

#### a. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Es un diseño experimental

### DISEÑO DE BLOQUE COMPLETO AL AZAR

DIAS DE CURADO	<i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCIÓN DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA.</i>	
	0%	3%
7		
14		
28		

### 2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

- Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

La muestra estará constituido por 18 probetas de concreto con un diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . 9 probetas para 0% de polvo de roca Granito, 9 probetas para 3% de polvo de roca Granito.

Para la elaboración de las unidades de estudio (probetas) se utilizaron las siguientes referencias:

- Polvo de roca Granito de Cerro Partido, Nuevo Chimbote.
- La piedra de 3/4 y arena para el diseño de probetas se compró en las canteras de Rubén.
- El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro
- Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”

### 2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

TECNICA	INSTRUMENTO
<b>Observación</b>	Guía de observación Resumen.  Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión (ver anexos).

## 2.4 PROCESO Y ANALISIS DE LOS DATOS

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla la probeta de concreto sustituidas el cemento por polvo de roca granito
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

## 2.5 MATERIALES A UTILIZAR

En esta parte mencionaremos que materiales vamos a utilizar para el diseño de mezcla para nuestras probetas tanto para el Diseño Patrón como para el Diseño de los Experimentales. A continuación mencionaremos los materiales que utilizaremos, con su respectivo concepto.

- **Agregado Grueso:** Son las piedras de  $\frac{3}{4}$ ". Es uno de los principales componentes del concreto.
- **Agregado fino:** Es la arena gruesa que se emplea en el concreto para mejorar las propiedades de la mezcla e impedir la segregación.
- **Roca Granito:** Es una roca ígnea plutónica constituida esencialmente por cuarzo, feldespato y mica, son las rocas más abundantes de la corteza continental superior.
- **Batan:** Sirve para moler la Roca Granito.
- **Trompo Mezclador de 9P<sup>3</sup>:** Para hacer el concreto.
- **Cinta de embalaje:** Para forrar los moldes de las probetas antes de hechar el concreto.
- **Balanza:** Para pesar los materiales que utilizaremos para hacer el concreto.
- **Bugui:** para colocar el concreto ya mezclado.

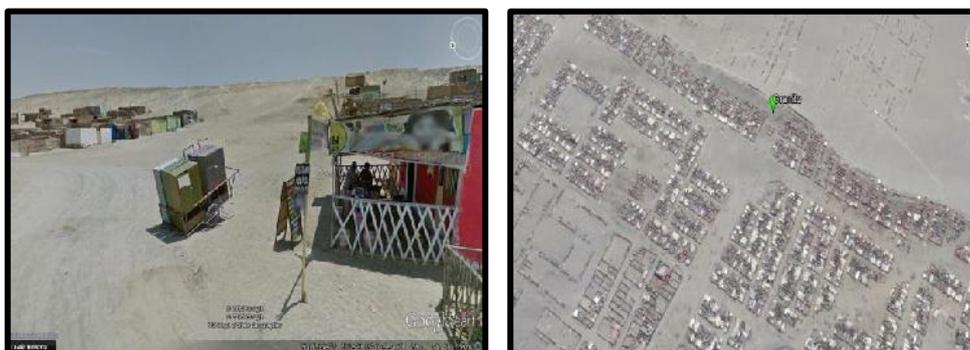
- **Probetas:** Molde que sirve para colocar el concreto.
- **Cono de Abrams:** Sirve para ver el Slump del concreto.
- **Varilla:** sirve para chucear el concreto a la hora de colocar en las probetas, se chucea 25 veces en las tres capas.
- **Martillo de Goma:** Para golpear a las probetas después de haberse chuceado y no permita que se realicen cangrejas.
- **Palana:** Sirve para sacar los agregados de la cantera y colocarlos en un saco, también para hacer el cuarteo.
- **Taras:** Es un recipiente en donde se coloca las muestras.
- **Tamices:** Sirve para calcular la granulometría de los agregados gruesos y agregados finos.
- **Horno:** el horno lo encontramos en el Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro, en la cual nos permite calcular el peso de los agregados finos y grueso en estado seco.
- **Agua:** Utilizaremos para hacer el concreto.
- **Maquinaria Para la Ruptura de Probetas:** Sirve hacer el ensayo a la comprensión, es decir para calcular las resistencias de las probetas.

## 2.6 MÉTODOS

### 2.6.1 ROCA GRANITO

#### a. UBICACIÓN DE LA CANTERA DE ROCA GRANITO

La cantera en donde se extrae la roca granito se encuentra en Nuevo Chimbote, en el Cerro Partido.



## b. EXTRACCIÓN DE LA ROCA GRANITO

Con el asesoramiento de un técnico especialista en rocas se escoge la roca granito en el Cerro Partido.



## c. TRITURACIÓN DE LA ROCA GRANITO

1. Se tritura la Roca Granito, por medio de otra piedra hasta obtener piedras pequeñas.
2. Al tener las piedras pequeñas comenzamos a triturar con el batán de tal manera que quede en partículas muy finas.



#### **d. TAMIZACIÓN DE LA ROCA GRANITO**

Una vez triturado la roca Granito se utiliza la tela Organza adaptado a un colador para tamizar la roca pulverizada y obtener una muestra homogénea.



#### **e. ROCA GRANITO PULVERIZADA**



De una roca de 2.0 kg se obtuvo 1.3 kg de roca Pulverizada.

#### **f. ALMACENAMIENTO DE LA ROCA GRANITO PULVERIZADA**

El polvo de Roca Granito se almacenó en una bolsa hecha de Papel.



### **2.6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **a. RECOLECCION DE LOS AGREGADOS**

##### **❖ AGREGADO FINO**

La Arena Gruesa se recolectó en la cantera de Besique.

##### **❖ AGREGADO GRUESO**

La Piedra Chancada de ¾" se recolecto en la Cantera de Rubén.

#### **b. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Se utilizan agregados que están parcialmente secos (al aire libre) para la determinación del contenido de humedad total de los agregados. Este método consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total.

##### **❖ AGREGADO FINO**



Ensayo N°	1	2	3
<b>TARA N°</b>			
<b>Tara + suelo Húmedo (gr)</b>	1194	1136	1165
<b>Tara + suelo seco (gr)</b>	1188	1132	1160
<b>Peso del agua (gr)</b>	6	4	5
<b>Peso de la tara (gr)</b>	208	200	204
<b>Peso del suelo seco (gr)</b>	980	932	956
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0.61	0.43	0.52
<b>Promedio contenido de humedad (%)</b>	0.52		

❖ **AGREGADO GRUESO**



Ensayo N°	1	2	3
<b>TARA N°</b>			
<b>Tara + suelo Húmedo (gr)</b>	1048	994	1021
<b>Tara + suelo seco (gr)</b>	1040	990	1015
<b>Peso del agua (gr)</b>	8	4	6
<b>Peso de la tara (gr)</b>	202	202	202
<b>Peso del suelo seco (gr)</b>	838	788	813
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0.95	0.51	0.74
<b>Promedio contenido de humedad (%)</b>	0.73		

**c. PESOS UNITARIOS**

Para hallar los Pesos Unitarios de los agregados, se procede a calcular en el laboratorio de Suelo de la Universidad San Pedro

❖ **AGREGADO FINO**

En el siguiente cuadro se muestra resultados de los pesos unitarios del agregado fino (arena gruesa):



<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del molde + muestra</b>	7808	7756	7828
<b>Peso del molde</b>	3320	3320	3320
<b>Peso de la muestra</b>	4488	4436	4508
<b>Volumen del molde</b>	2788	2788	2788
<b>Peso unitario</b>	1610	1591	1617
<b>Peso unitario promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1606		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1598		

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del molde + muestra</b>	8168	8178	8216
<b>Peso del molde</b>	3320	3320	3320
<b>Peso de la muestra</b>	4848	4858	4896
<b>Volumen del molde</b>	2788	2788	2788
<b>Peso unitario</b>	1739	1742	1756
<b>Peso unitario promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1746		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1737		

❖ **AGREGADO GRUESO**

En el Laboratorio de Suelos se obtuvieron los siguientes pesos unitarios del agregado grueso (Piedra Chancada  $\frac{3}{4}$ " ):



<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del molde + muestra</b>	19050	19050	19100
<b>Peso del molde</b>	5100	5100	5100
<b>Peso de la muestra</b>	13950	13950	14000
<b>Volumen del molde</b>	9354	9354	9354
<b>Peso unitario</b>	1491	1491	1497
<b>Peso unitario promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1493		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1482		

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso del molde + muestra</b>	19550	19550	19550
<b>Peso del molde</b>	5100	5100	5100
<b>Peso de la muestra</b>	14450	14450	14450
<b>Volumen del molde</b>	9354	9354	9354
<b>Peso unitario</b>	1545	1545	1545
<b>Peso unitario promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1545		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1534		

#### d. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN AGREGADO

##### ❖ AGREGADO FINO

En el Laboratorio de Suelos se obtuvo los datos de la gravedad específica y de la Absorción del agregado fino (arena), en el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos:



<b>A</b>	<b>Peso del material saturado superficialmente seco (aire) gr</b>	<b>300.00</b>
<b>B</b>	Peso de picometro + agua (gr)	668.00
<b>C</b>	(A+B)	968.00
<b>D</b>	Peso de picometro + agua + material (gr)	858.60
<b>E</b>	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D) cm <sup>3</sup>	109.40
<b>F</b>	Peso de material seco en estufa (gr)	296.60
<b>G</b>	Volumen de masa (E-(A-F))	106.00

<b>H</b>	P.e. Bulk (Base seca) (F/E)	2.71
<b>I</b>	P.e. Bulk (Base saturada) (A/E)	2.74
<b>J</b>	P.e. Aparente (Base seca) (F/G)	2.80
<b>K</b>	Absorción (%) $((D-A)/A*100)$	1.15

❖ **AGREGADO GRUESO**



<b>A</b>	<b>Peso del material saturado superficialmente seco (aire) gr</b>	<b>1359.50</b>	<b>1396.60</b>
<b>B</b>	Peso del material saturado superficialmente seco (agua) gr	879.80	903.30
<b>C</b>	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	479.70	493.30
<b>D</b>	Peso del material seco en estufa	1350.50	1386.70
<b>E</b>	Volumen de masa (C-(A-D)) cm <sup>3</sup>	470.70	483.40
<b>F</b>	P.e. Bulk (Base seca) (D/C)	2.815	2.811
<b>G</b>	P.e. Bulk (Base saturada) (A/C)	2.834	2.831
<b>H</b>	P.e. Aparente (Base seca) (D/E)	2.869	2.869
<b>I</b>	Absorción (%) $((A-D)/A*100)$	0.67	0.71

### e. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

Este método consiste en la determinación por tamices de la distribución del tamaño de las partículas de agregados finos y gruesos.

Para una gradación óptima, los agregados se separan mediante el tamizado, en dos o tres grupos de diferentes tamaños para las arenas, y en varios grupos de diferentes tamaños para los gruesos.

La gradación es importante para el componente del concreto ya que afecta la calidad del material.

Uno de los objetivos importantes de la granulometría es que calcula si los agregados se encuentran dentro de los límites para hacer un buen diseño de mezcla y también para elaborar un concreto de buena calidad.

En esta parte presentamos la granulometría de nuestros agregados, el cual se elaboró en el Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro:



#### ❖ AGREGADO FINO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO					
TAMIZ		Peso retenido	% ret Parcial	% ret Acumulado	% Que pasa
Nº	Abert. (mm)	(gr)	(%)	(%)	(gr)
3"	76,2	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,5	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,8	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	0,00	100,00

<b>1"</b>	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>3/4"</b>	19,1	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>1/2"</b>	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>3/8"</b>	9,52	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>N° 4</b>	4,76	7,10	0,71	<b>0,71</b>	99,29
<b>N° 8</b>	2,36	68,70	6,88	<b>7,60</b>	92,40
<b>N° 16</b>	1,18	220,60	22,11	<b>29,70</b>	70,30
<b>N° 30</b>	0,6	265,00	26,56	<b>56,26</b>	43,74
<b>N° 50</b>	0,3	186,30	18,67	<b>74,93</b>	25,07
<b>N° 100</b>	0,15	145,20	14,55	<b>89,48</b>	10,52
<b>N° 200</b>	0,08	78,90	7,91	97,38	2,62
<b>PLATO</b>	ASTM C-117-04	26,10	2,62	100,00	0,00
<b>Total</b>		997,90	100,00		

Módulo de fineza

$$M. F. = \frac{0.71 + 7.60 + 29.70 + 56.26 + 74.93 + 89.48}{100} = 2.59$$

❖ **AGREGADO GRUESO:**

En este cuadro mostramos los resultados de nuestro tamizado con respecto a la piedra.

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO</b>					
<b>TAMIZ</b>		Peso retenido (gr)	% ret Parcial (%)	% ret Acumulado (%)	% Que pasa (gr)
N°	Abert. (mm)				
<b>3"</b>	76,2	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>2 1/2"</b>	63,5	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>2"</b>	50,8	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>1 1/2"</b>	38,1	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>1"</b>	25,4	239,40	11,99	11,99	88,01
<b>3/4"</b>	19,1	1241,80	62,20	74,19	25,81
<b>1/2"</b>	12,5	496,10	24,85	99,04	0,96
<b>3/8"</b>	9,52	16,40	0,82	99,86	0,14
<b>N° 4</b>	4,76	2,70	0,14	100,00	0,00

<b>N° 8</b>	2,36	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>N° 16</b>	1,18	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>N° 30</b>	0,6	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>N° 50</b>	0,3	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>N° 100</b>	0,15	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>N° 200</b>	0,08	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>PLATO</b>	ASTM C-117-04	0,00	0,00	100,00	0,00
<b>Total</b>		1996,40	100,00		

Tamaño máximo nominal: 1”

N° Huso (Ref. ASTM C-33): 5

#### **f. PESO ESPECÍFICO DEL POLVO DE ROCA GRANITO**

Es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.



Se agregó gasolina 96 a la Fiola hasta el nivel 0 y se coloca en baño maría a temperatura de 22°C, se deja que la gasolina suba todo lo que se pueda, luego se retira y se vuelve a dejar en el nivel 0.



Luego se pesó 64 gr del polvo de Roca Granito y se añade a la fiola.



Se toma lectura, el cual nos dio 21.5 Por lo tanto el peso específico de la roca granito es 2.97 gr/cm<sup>3</sup>

### g. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRON (METODO ACI)

Antes de hacer las probetas Patrón se calcula el Diseño de Mezcla de Concreto, mediante el Método ACI.

ITEM	DESCRIPCION AGREGADO FINO		UND
1	P. Unitario Suelto Seco	1598	Kg/m <sup>3</sup>
2	P. Unitario Compactado Seco	1737	Kg/m <sup>3</sup>
3	P. Especifico Masa Seca	2,71	
4	Contenido de Humedad	0,52	%
5	Absorción	1,15	%
6	Módulo de Fineza	2,59	

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION AGREGADO GRUESO</b>		<b>UND</b>
7	P. Unitario Suelto Seco	1482	Kg/m3
8	P. Unitario Compactado Seco	1534	Kg/m3
9	P. Especifico Masa Seca	2,81	
10	Contenido de Humedad	0,73	%
11	Absorción	0,69	%
12	Tamaño Máximo Nominal	1	"

<b>ITEM</b>	<b>DATOS DE TABLA PARA 1M3 DE CONCRETO</b>		<b>UND</b>
13	Contenido total de Aire x 1m3 de concreto (Tabla n3.a)	1,50	%
14	Volumen unitario de agua de mezclado (Tabla n°2)	193,00	lts/m3
15	P. Específico Cemento (Propiedades físicas tipo cemento)	3,12	gr/cm3
16	Resistencia promedio requerida	210,00	kg/cm2
17	Relación Agua-Cemento (Tabla n°4.a o n°4.b)	0,684	
18	Factor de Cemento x m3 de concreto	282,164	kg/cm3
19	Cantidad de agregado grueso x m3 de Concreto (Tabla n°6)	0,691	m3

<b>ITEM</b>	<b>VOLUMENES ABSOLUTOS DE MATERIALES</b>		
20	Cemento:	0,09	m3
21	Agregado Fino:	0,34	m3
22	Agregado Grueso:	0,38	m3
23	Agua:	0,19	m3
24	Aire:	0,015	m3

<b>ITEM</b>	<b>PESOS SECOS DE LOS MATERIALES (1m3 concreto)</b>		
25	Cemento:	282,164	kg/m3
26	Agregado Fino:	879,001	kg/m3
27	Agregado Grueso:	1059,701	kg/m3
28	Agua:	192,115	lts/bolsa

<b>ITEM</b>	<b>CORRECCION POR HUMEDAD DE MATERIALES (1m3 concreto)</b>		
29	Cemento:	282,164	kg/m3
30	Agregado Fino:	883,805	kg/m3
31	Agregado Grueso:	1067,475	kg/m3
32	Agua:	198,066	lts/bolsa

ITEM	PROPORCIONES EN PESO		
33	Cemento:	1	kg
34	Agregado Fino:	3,11	kg
35	Agregado Grueso:	3,76	kg
36	Agua:	0.70	lts/kg

ITEM	PROPORCIONES EN Pie3 (1m3 concreto)		
37	Cemento:	6,64	bolsa
38	Agregado Fino:	19,43	pie3
39	Agregado Grueso:	25,25	pie3
40	Agua:	29.66	lts/bolsa

ITEM	PROPORCION EN VOLUMEN		
41	Cemento:	1	
42	Agregado Fino:	2,91	
43	Agregado Grueso:	3,78	
44	Agua:	29.66	lts/bolsa

#### h. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

PROBETA DE CONCRETO CONVENCIONAL  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, se utilizará:

- CEMENTO :  $1 \times 282.16 \times 0.0053(1 + 0.15) = 1.75$  Kg/probeta
- ARENA :  $1 \times 883.81 \times 0.0053(1 + 0.15) = 5.45$  Kg/probeta
- PIEDRA :  $1 \times 1067.48 \times 0.0053(1 + 0.15) = 6.58$  Kg/probeta
- AGUA :  $1 \times 198.066 \times 0.0053(1 + 0.15) = 1.22$  Kg/probeta

---

15.00 Kg/probeta

POR LO TANTO, LA DOSIFICACION DEL CONCRETO PARA PROBETAS CONVENCIONAL  $F'C=210$  KG/CM<sup>2</sup>:

### CEMENTO: ARENA: PIEDRA: AGUA

$$\frac{1.75}{1.75} : \frac{5.45}{1.75} : \frac{6.58}{1.75}$$

$$1 : 3.11 : 3.76 : 1.22 \text{ Lt/probeta}$$

Relación a/c=0.70

PARA ELABORAR LAS PROBETAS, SE MEDIRÁ LOS AGREGADOS POR PESO Y POR LA CANTIDAD DE PROBETAS QUE SE UTILIZARÁ.

- CEMENTO : 1.75 Kg x 10 = 17.50 Kg
- AGUA : 1.22 Kg x 10 = 12.20 kg
- ARENA : 5.45 Kg x 10 = 54.50 kg
- PIEDRA : 6.58 Kg x 10 = 65.80 kg

#### i. ELABORACION DEL CONCRETO PATRON

Las 9 probetas de diseño patrón se realizó el día 14 de abril del 2016.

Una vez calculado la dosificación del concreto patrón, se procede a elaborar las probetas diseño patrón.



Se procedió hacer la limpieza respectiva de los moldes de las probetas la cual se forro con cinta de embalaje para proteger al concreto del óxido que trae las probetas



- Teniendo la dosificación por probeta se pesó los materiales para 9 probetas más el ensayo del slump, que se hizo en el cono de Abrams.



- Se procedió a echar primero el agregado fino y grueso después mezclarlos por 1 minuto, luego se añadió cemento, agua y por último se mezcló por 3 min.



- Se realizó el ensayo de consistencia con la presencia del asesor, el Ing. Rubén López Carranza, el cual verificó que el asentamiento del concreto dio como resultado 4", es decir, cumple con las especificaciones del diseño.



- El concreto se vació en los moldes en 3 capas, en cada capa se da 25 varilladas en forma de espiral y luego se golpea las paredes del molde con un martillo de goma.



- Se procedió a desencofrar las probetas entre las 16 y 24 horas después de haberse realizado el vaciado, como se muestra en la imagen.



- Ya desencofradas las probetas se sumergieron en agua para su curado respectivo, para que luego se proceda hacer sus ensayos a los 7, 14 y 28 días.

**j. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - SUSTITUCION 3%**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION AGREGADO FINO</b>		<b>UND</b>
<b>1</b>	P. Unitario Suelto Seco	1598	Kg/m3
<b>2</b>	P. Unitario Compactado Seco	1737	Kg/m3
<b>3</b>	P. Especifico Masa Seca	2.71	
<b>4</b>	Contenido de Humedad	0.52	%
<b>5</b>	Absorción	1.15	%
<b>6</b>	Módulo de Fineza	2.59	

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION AGREGADO GRUESO</b>		<b>UND</b>
<b>7</b>	P. Unitario Suelto Seco	1482	Kg/m3
<b>8</b>	P. Unitario Compactado Seco	1534	Kg/m3
<b>9</b>	P. Especifico Masa Seca	2.81	
<b>10</b>	Contenido de Humedad	0.73	%
<b>11</b>	Absorción	0.69	%
<b>12</b>	Tamaño Máximo Nominal	1	"

<b>ITEM</b>	<b>DATOS DE TABLA PARA 1M3 DE CONCRETO</b>		<b>UND</b>
<b>13</b>	Contenido total de Aire x 1m3 de concreto (Tabla n3.a)	1.50	%
<b>14</b>	Volumen unitario de agua de mezclado (Tabla n°2)	193.00	lts/m3
<b>15</b>	P. Especifico Cemento (Propiedades físicas tipo cemento)	3.12	gr/cm3
<b>16</b>	Resistencia promedio requerida	210.00	kg/cm2
<b>17</b>	Relación Agua-Cemento (Tabla n°4.a o n°4.b)	0.684	
<b>18</b>	Factor de Cemento x m3 de concreto	275.300	kg/cm3
<b>19</b>	Cantidad de agregado grueso x m3 de Concreto (Tabla n°6)	0.691	m3

<b>ITEM</b>	<b>VOLUMENES ABSOLUTOS DE MATERIALES</b>		
<b>20</b>	Cemento:	0.088	m3
<b>21</b>	Agregado Fino:	0.324	m3
<b>22</b>	Agregado Grueso:	0.377	m3
<b>23</b>	Agua:	0.193	m3
<b>24</b>	Aire:	0.015	m3
<b>25</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	0.003	m3

<b>ITEM</b>	<b>PESOS SECOS DE LOS MATERIALES (1m3 concreto)</b>		
<b>26</b>	Cemento:	275.300	kg/m3
<b>27</b>	Agregado Fino:	879.230	kg/m3
<b>28</b>	Agregado Grueso:	1059.730	kg/m3
<b>29</b>	Agua:	193.000	lts/m3
<b>30</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	8.514	kg/m3

<b>ITEM</b>	<b>CORRECCION POR HUMEDAD DE MATERIALES (1m3 concreto)</b>		
<b>31</b>	Cemento:	275.300	kg/m3
<b>32</b>	Agregado Fino:	883.805	kg/m3
<b>33</b>	Agregado Grueso:	1067.475	kg/m3
<b>34</b>	Agua:	199.870	lts/m3
<b>35</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	8.514	kg/m3

<b>ITEM</b>	<b>PROPORCIONES EN PESO</b>		
<b>36</b>	Cemento:	1	kg
<b>37</b>	Agregado Fino:	3.21	kg
<b>38</b>	Agregado Grueso:	3.88	kg
<b>39</b>	Agua:	0.72	lts/kg
<b>40</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	0.03	kg/m3

<b>ITEM</b>	<b>PROPORCIONES EN Pie3 (1m3 concreto)</b>		
<b>41</b>	Cemento:	6.48	bolsa
<b>42</b>	Agregado Fino:	19.44	pie3
<b>43</b>	Agregado Grueso:	25.25	pie3
<b>44</b>	Agua:	30.10	lts/bolsa
<b>45</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	0.19	kg/m3

<b>ITEM</b>	<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>		
<b>46</b>	Cemento:	1	
<b>47</b>	Agregado Fino:	3.00	
<b>48</b>	Agregado Grueso:	3.90	
<b>49</b>	Agua:	30.10	lts/bolsa
<b>50</b>	POLVO DE ROCA GRANITO 3% SUSTITUCION	0.03	kg/m3

**k. DOSIFICACION DEL CONCRETO - SUSTITUCION 3%**

PROBETA DE CONCRETO EXPERIMENTAL, utilizaremos:

- CEMENTO :  $1 \times 275.30 \times 0.0053(1 + 0.15) = 1.70$  Kg/probeta
  - ARENA :  $1 \times 883.81 \times 0.0053(1 + 0.15) = 5.45$  Kg/probeta
  - PIEDRA :  $1 \times 1067.48 \times 0.0053(1 + 0.15) = 6.58$  Kg/probeta
  - AGUA :  $1 \times 199.87 \times 0.0053(1 + 0.15) = 1.22$  Kg/probeta
  - ROCA :  $1 \times 8.514 \times 0.0053(1 + 0.15) = 0.05$  Kg/probeta
- 
- 15.00 Kg/probeta

POR LO TANTO, LA DOSIFICACION DEL CONCRETO PARA PROBETAS CON SUSTITUCION AL 3% DE ROCA GRANITO ES:

**CEMENTO: ROCA: ARENA: PIEDRA: AGUA**

$$\frac{1.70}{1.70} : \frac{0.05}{1.70} : \frac{5.45}{1.70} : \frac{6.58}{1.70}$$

$$1 : 0.03 : 3.21 : 3.88 : 1.22 \text{ Lt/probeta}$$

Relación a/c=0.72

PARA ELABORAR LAS PROBETAS, SE MEDIRÁ LOS AGREGADOS POR PESO Y POR LA CANTIDAD DE PROBETAS QUE SE UTILIZARÁN.

- CEMENTO :  $1.70 \text{ Kg} \times 10 = 17.50 \text{ Kg}$
- AGUA :  $1.22 \text{ Kg} \times 10 = 12.20 \text{ kg}$
- ARENA :  $5.45 \text{ Kg} \times 10 = 54.50 \text{ kg}$
- PIEDRA :  $6.58 \text{ Kg} \times 10 = 65.80 \text{ kg}$
- ROCA :  $0.05 \text{ Kg} \times 10 = 0.50 \text{ kg}$

## I. ELABORACION CONCRETO EXPERIMENTAL - SUSTITUCION 3%



- Se procedió hacer la limpieza respectiva de los moldes de las probetas la cual se forro con cinta masking para proteger al concreto del óxido que trae las probetas

Las 9 probetas de diseño experimental al 3% se realizaron el día 28 de abril del



2016.

- Teniendo la dosificación experimental por probeta, se procedió a pesar los materiales para 9 probetas, de igual manera la roca granito pulverizada al 3% de la sustitución del cemento.



- Se mezcló el cemento y la roca granito pulverizada en un balde para luego proceder a echar al trompo mezclador de 9p3, primero el agrado fino y grueso por 1 minuto, luego el agua para ser mezclado por 3 min.



- Se realizó el ensayo de consistencia, tal como se muestra en la imagen, y como resultado se obtuvo 3.5", es decir cumple con las especificaciones de diseño.



- Se procedió a vaciar el concreto en los moldes en 3 capas, en cada capa se da 25 varilladas en forma de espiral y luego se golpea las paredes del molde con un martillo de goma, así como se muestra en la imagen.



- Se procedió a desencofrar las probetas entre las 16 y 24 horas después de haberse realizado el vaciado, como se muestra en la imagen, ya desencofradas las probetas se sumergieron en agua para su curado respectivo, para que luego se proceda hacer sus ensayos a los 7, 14 y 28 días.

**m. CANTIDAD DE ROCA GRANITO PULVERIZADA**

EN ESTA PARTE SE VERÁ LA CANTIDAD DE ROCA PULVERIZADA QUE SE UTILIZARÁ PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL POR PROBETA.

→ PROBETA DE CONCRETO SUSTITUYENDO 3% AL CEMENTO POR EL POLVO DE ROCA DE GRANITO:

- CEMENTO : 1.70 Kg
- GRANITO : 0.05 Kg ( 3% DE SUSTITUCIÓN)

**n. EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO (NORMA: ASTM C 282)**

**Procedimiento:**

1.- Pesamos materiales para realizar concreto para una probeta

<b>MATERIALES</b>	<b>PATRON</b>	<b>GRANITO</b>
1 Probeta	<b>0%</b>	<b>(3%)</b>
<b>Cemento (kg)</b>	1.75	1.70
<b>Agua (lt)</b>	1.22	1.22
<b>Arena (kg)</b>	5.45	5.45
<b>Piedra (kg)</b>	6.58	6.58
<b>Granito (kg)</b>	0.00	0.05

2.- Preparamos el concreto y se procede a llenar en un molde en 3 capas chuseando 25 veces y dando golpes en cada capa.



3.- Una vez terminado de llenar el molde, empezó el proceso de exudación, haciéndose lecturas del volumen parcial de agua exudada cada 10 minutos durante los primeros 40 minutos y cada 30 min hasta que deje de exudar



**o. PESO UNITARIO DEL CONCRETO (NORMA: ASTM C 138)**

**Procedimiento:**

1.- Pesamos materiales para realizar concreto para una probeta

<b>MATERIALES</b>	<b>PATRON</b>	<b>GRANITO</b>
1 1/2 Probeta	<b>0%</b>	<b>(3%)</b>
<b>Cemento (kg)</b>	2.625	2.550
<b>Agua (lt)</b>	1.83	1.83
<b>Arena (kg)</b>	8.175	8.175
<b>Piedra (kg)</b>	9.870	9.870
<b>Granito (kg)</b>	0.00	0.075



2.- Se prepara el concreto y se procede a llenar en un molde en 3 capas chuseando 25 veces y dando golpes en cada capa. Después de el llenado al ras del concreto, se enraza la superficie superior hasta que el recipiente este justo al nivel donde termina el molde.



3.- Una vez terminado de limpiar el exceso de concreto en la parte exterior del recipiente se procede a pesar el molde lleno de concreto.



**p. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO  
(NORMA: ASTM C 231)**

**Procedimiento:**

1.- Se utiliza el molde de concreto del peso unitario para realizar el ensayo de Contenido de Aire Fresco.



2.- Se inyecta agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra. Luego se cierra la válvula de escape de aire y se bombea aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial.

3.- Se cierran ambas llaves de purga. Se abre la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón. Y se procede a leer el porcentaje de aire.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. ANALISIS QUIMICO

La composición química de la roca Granito fue obtenida por el laboratorio LABICER-UNI, obtuvimos los siguientes resultados:

**TABLA N° 13**  
COMPOSICION QUIMICA DE LA ROCA GRANITO

COMPOSICIÓN QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	54.558	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	36.996	
Oxido de magnesio (MgO)	8.260	
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.098	
Cloro (Cl)	0.049	
Oxido de paladio (PdO)	0.024	
Oxido de plata (Ag <sub>2</sub> O)	0.015	

FUENTE: LABORATORIO LABICER - UNI

#### 3.2. ANALISIS DE PH

Cuadro de resumen de pH obtenidas por el laboratorio COLECBI S.A.C. donde se verifica que los porcentajes están en un rango que no afectan en el proceso de concreto.

En los resultados de exámenes de pH se obtuvo:

**TABLA N° 14**  
ENSAYOS DE PH

ENSAYOS PH	RESULTADOS
Cemento	13.04
Roca Granito	11.09
Cemento (97%) + Granito (3%)	13.09

FUENTE: LABORATORIO COLECBI S.A.C.

### 3.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS

#### 3.3.1. DISEÑO PATRON

a) A los 7 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 7 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 1</b>	13.65	15.15	26680.00	148.00
<b>Probeta 2</b>	13.60	15.19	26020.00	143.58
<b>Probeta 3</b>	13.70	15.28	28470.00	155.26
<b>Promedio</b>				<b>148.95</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=148.95 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 7 días nos da un porcentaje de 70.93% de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

b) A los 14 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 14 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 4</b>	13.55	15.21	33240.00	182.94
<b>Probeta 5</b>	13.53	15.25	32990.00	180.61
<b>Probeta 6</b>	13.54	15.16	33850.00	187.53
<b>Promedio</b>				<b>183.70</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=183.70 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 14 días nos da un porcentaje de 87.47% de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

c) A los 28 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 28 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 7</b>	13.50	15.17	37850.00	209.41
<b>Probeta 8</b>	13.65	15.20	38910.00	214.43
<b>Probeta 9</b>	13.60	15.26	38450.00	210.23
<b>Promedio</b>				<b>211.36</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=211.36 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 28 días nos da un porcentaje de 100.65 % de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

### 3.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL – SUSTITUCION 3% DE CEMENTO

a) A los 7 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 7 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 1</b>	13.58	15.33	30140.00	163.29
<b>Probeta 2</b>	13.60	15.28	29180.00	159.13
<b>Probeta 3</b>	13.55	15.18	28390.00	156.87
<b>Promedio</b>				<b>159.76</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=159.76 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 7 días nos da un porcentaje de 76.08% de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

b) A los 14 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 14 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 4</b>	13.63	15.21	32160.00	177.00
<b>Probeta 5</b>	13.52	15.14	31780.00	176.53
<b>Probeta 6</b>	13.57	15.19	34390.00	189.77
<b>Promedio</b>				<b>181.10</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=181.10 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 14 días nos da un porcentaje de 86.24 % de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

c) A los 28 días:

<b>ENSAYO A LA COMPRESIÓN 28 DIAS</b>				
	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Fuerza aplicada (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Probeta 7</b>	13.60	15.18	38620.00	213.39
<b>Probeta 8</b>	13.65	15.17	38570.00	213.40
<b>Probeta 9</b>	13.65	15.27	37350.00	203.95
<b>Promedio</b>				<b>210.25</b>

La resistencia promedio de las 3 probetas es de  $f'c=210.25 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir la resistencia promedio a los 28 días nos da un porcentaje de 100.12 % de la resistencia convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

## IV ANALISIS Y DISCUSION

### • ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- La roca granito presentó un alto porcentaje de Sílice 54.558% el cual nos favorece ya que es un componente muy importante del cemento, que aumenta la resistencia en el concreto y ayuda al endurecimiento rápido.
- El Óxido de magnesio se presenta en un 8.26% de los componentes de la roca granito y la NPT 334.009 / ASTM C150 nos dice que el máximo porcentaje debe ser 6.0%, excede un 2.26% según lo reglamentario.
- Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) presenta un 0.098% y la NPT 334.009 / ASTM C150 nos dice que el máximo porcentaje debe ser 3.0%, el porcentaje de este componente si cumple con esta norma.
- La Roca Granito carece de calcio, el cual nos desfavorece, ya que este es un componente que le da resistencia al concreto.
- El Óxido de Magnesio se presenta en un 8.26% de la muestra analizada, esto es una desventaja ya que está en un porcentaje alto a comparación del cemento Portland tipo I y podría desfavorecer para el aumento de la resistencia del concreto experimental.
- Con estos resultados se puede decir que la Roca Granito pulverizada es un material activo químicamente.

### • ANALISIS DE pH

- El cemento dio como resultado un pH de 13.04, es decir, es un material alcalino.
- La muestra de la roca Granito dio como resultado un pH de 11.09, el cual indica que es menos alcalino en comparación al cemento.
- La muestra de 97% de cemento y 3% de granito tiene un pH de 13.09; lo que es bueno ya que al mezclar en dichas proporciones la alcalinidad de la muestra no varía mucho con respecto al cemento.

- **ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**PROBETAS PATRÓN:**

- A los 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 148.95 kg/cm<sup>2</sup>, el cual indica que dio como resultado un porcentaje de 70.93% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- A los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 183.70 kg/cm<sup>2</sup>, el cual indica que dio como resultado un porcentaje de 87.47% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- A los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 211.36 kg/cm<sup>2</sup>, el cual indica que dio como resultado un porcentaje de 100.65% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**CUADRO N° 01**

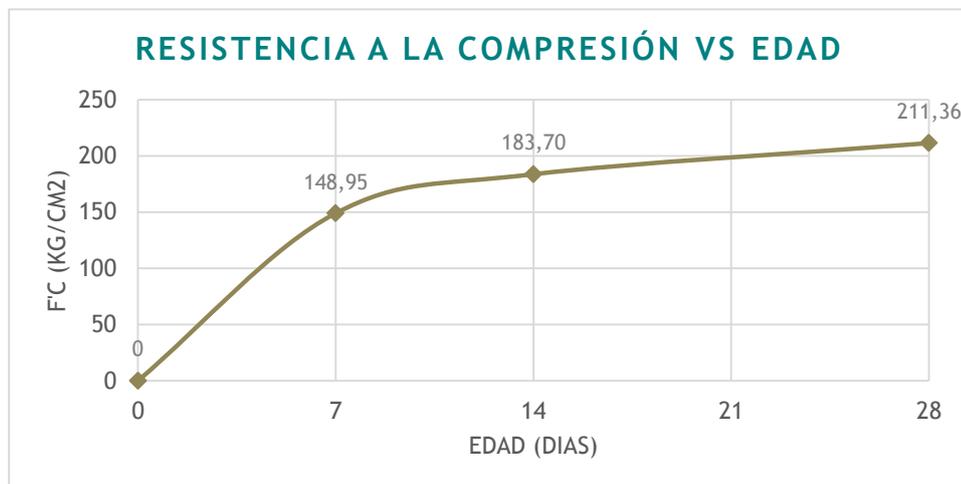
ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION OBTENIDAS SEGÚN  
PROBETAS PATRÓN

PROBETAS PATRÓN	1	2	3	PROMEDIO	% respecto al diseño 210 kg/cm2
<b>7 días</b>	148.00	143.58	155.26	148.95 kg/cm2	70.93 %
<b>14 días</b>	182.94	180.61	187.53	183.70 kg/cm2	87.47 %
<b>28 días</b>	209.41	214.43	210.23	211.36 kg/cm2	100.65 %

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**GRÁFICO N° 01**

RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD  
PATRON



### PROBETAS EXPERIMENTALES 3%:

- A los 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 159.76 kg/cm<sup>2</sup>, el cual indica que dio como resultado un porcentaje de 76.08% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup> y tiene un porcentaje mayor de 7.26% con respecto a concreto patrón a los 7 días, es decir, supero la resistencia del concreto patrón.
- A los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 181.10 kg/cm<sup>2</sup>, el cual indica que dio como resultado un porcentaje de 86.24% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup> y tiene un porcentaje menor de 1.41% con respecto a concreto patrón a los 14 días, es decir, no supero la resistencia del concreto patrón.
- A los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 210.25 kg/cm<sup>2</sup>, el cual nos indica que dio como resultado un porcentaje de 100.12% con respecto a la resistencia convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup> y tiene un porcentaje menor de 0.53% con respecto a concreto patrón a los 28 días, es decir, no supero la resistencia del concreto patrón.

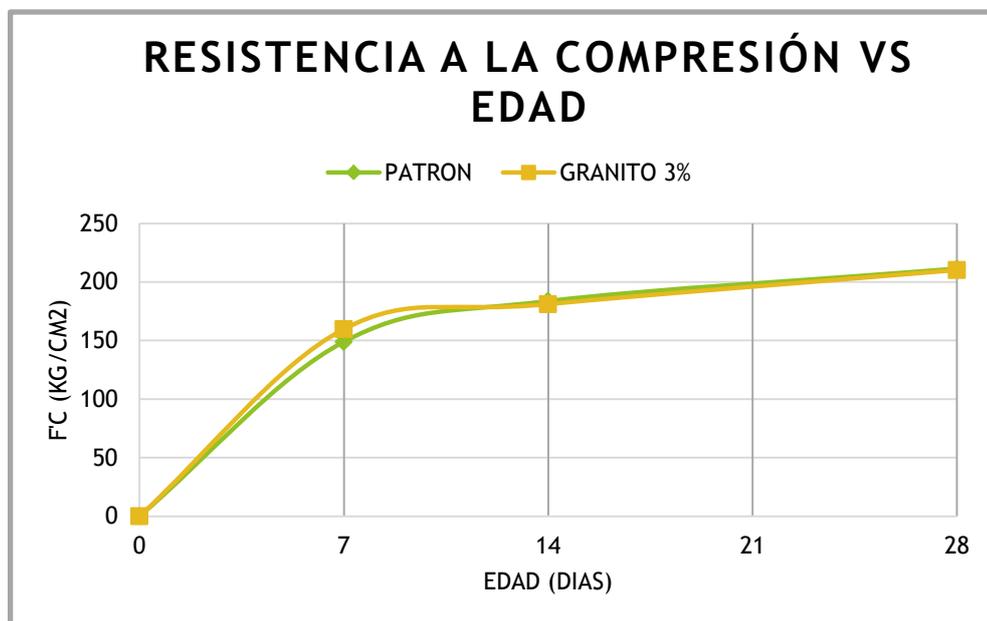
### CUADRO N° 02

#### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION OBTENIDAS SEGÚN PROBETAS EXPERIMENTALES – SUSTITUCION 3%

PROBETAS EXPERIMENTALES 3%	1	2	3	PROMEDIO	% respecto al diseño f'c=210 kg/cm2	% respecto al patrón
7 días	163.29	159.13	156.87	159.76 kg/cm2	76.08 %	7.26 %
14 días	208.86	164.42	168.41	181.10 kg/cm2	86.24 %	-1.41 %
28 días	213.39	213.40	203.95	210.25 kg/cm2	100.12 %	-0.53 %

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**GRÁFICO N° 02**  
RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD  
PATRON VS GRANITO 3%



**COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIA DE LAS PROBETAS  
PATRON Y PROBETAS EXPERIMENTALES**

- Comparando los resultados del concreto patrón y concreto experimental al 3% observamos que el concreto experimental se asemeja al concreto patrón pero no logra superarlo.

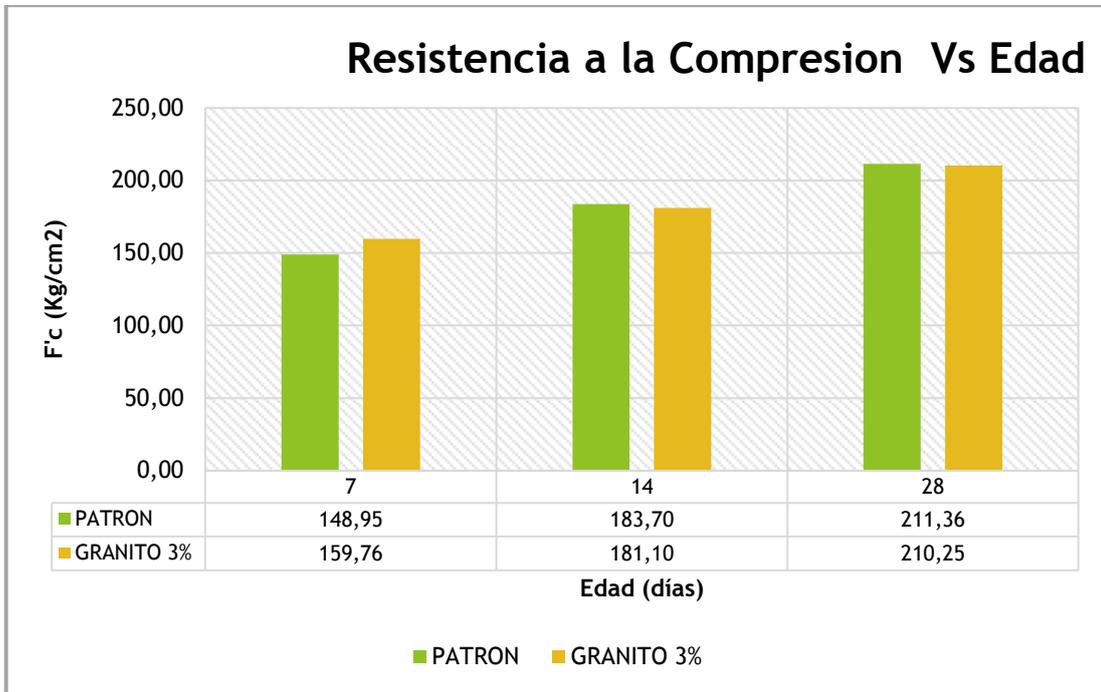
**CUADRO N° 03**

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS DE ENSAYOS A LA  
COMPRESION OBTENIDAS SEGÚN PROBETAS PATRO Y GRANITO 3%

EDAD (DIAS)	ENSAYO A LA COMPRESION F'C (kg/cm2)	
	PATRON	GRANITO 3%
<b>7</b>	148.95	159.76
<b>14</b>	183.70	181.10
<b>28</b>	211.36	210.25

FUENTE: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**GRÁFICO N° 03**  
**GRAFICO DE BARRAS**  
**PATRON VS GRANITO 3%**



## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que la roca Granito pulverizada es un material cementante ya que en el análisis de fluorescencia de rayos X presenta componentes del cemento tales como el sílice (54.558%) y aluminio (36.996%).
- El pH de la combinación del cemento y roca granito es altamente alcalino con un valor de 13.09 para el 3%, es decir, está a nivel del pH del cemento Portland Tipo I que es 13.04.
- Observando los resultados a los 28 días de las probetas experimentales no superó al concreto patrón teniendo para la sustitución al 3% la resistencia fue menos 0.53%.
- El polvo de Roca Granito es un material cementante ya que a pesar que la resistencia a la compresión de las probetas experimentales con Roca Granito no superaron el diseño patrón, esta va aumentando a los 7, 14 y 28 días

## VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación añadiéndole el 1%, 3% y 5% de un material que contenga calcio (Concha de Abanico, Chanque, etc.) en una cantidad apropiada en su composición química al polvo de Roca Granito, ya que el calcio es el elemento deficiente según el análisis químico y así comprobar si la resistencia del concreto podría aumentar en comparación al concreto convencional  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Podemos continuar la investigación aumentando las edades a los 30, 60 y 90 días de los ensayos a la Compresión y así comprobar si la resistencia aumentaría al pasar más tiempo.
- Se recomienda utilizar este tipo de concreto sustituyendo 3% de cemento por polvo de roca Granito para elementos que no cumplan funciones estructurales tales como sardineles, veredas, losas deportivas, etc.
- Se recomienda seguir estudiando la roca granito ya que es un material novedoso en el campo de la construcción.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. (2001). Suelos Tropicales. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Díaz, J. & Bocanegra, M. (2015). Mejoramiento de resistencia de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando polvo de roca de gabro. Perú: Catalogo de Tesis - Universidad San Pedro.
- Fassbender, H. (1975). Química de los Suelos. Costa Rica: Editorial IICA.
- Gass, I., Smith, P. & Wilson, R. (2002). Introducción a las ciencias de la tierra. España: Editorial Reverté.
- Navarro R. (2011). Dosificación y Diseño de Mezcla del Concreto. 2015, de academia.edu Sitio web:  
<http://www.academia.edu/7869946/Dosificacionodiseodemezclasdelconcreto-111121192729-phpapp01>
- Neville, A. (1977). Tecnología del concreto. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto.
- NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.
- Osorio, J. (2013). Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión, de Blog 360° en concreto Sitio: <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
- Silva V. (2009). Rendimiento y elaboración de concreto de alta resistencia usando rocas como aditivos. Perú: Catalogo de Tesis - Universidad Nacional del Santa.

## **ANEXOS**

➤ **ANEXOS N° 01: ANÁLISIS QUIMICO DEL CEMENTO:**



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
 Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
 Carretera Panamericana Norte Km. 888 Pacasmayo - La Libertad  
 Teléfono 317 - 6000



SOC-REG-05-G0002  
 Versión 01

## Cemento Portland Tipo I

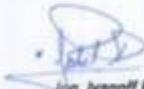
Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
 Pacasmayo, 13 de febrero 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.3	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.30	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.11	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3520	Mínimo 2600
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECÍFICA
<b>Resistencia Compresión :</b>			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	28.4 (290)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	35.0 (356)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	41.9 (427)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

<b>Tiempo de Fraguado Vicat :</b>			
Fraguado Inicial	min	166	Mínimo 45
Fraguado Final	min	318	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.  
 La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.  
 (\*) Requisito opcional.

  
 Ing. Ivanoff Rojas  
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Este statement prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

➤ **ANEXOS N° 02: TABLAS DE DISEÑO DE MEZCLA**

### 3 TABLA DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

ASENTAMIENTO	Agua en Lts/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales d agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	190	160	---
<b>Concretos con aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	158	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	216	205	197	184	174	166	154	---

#### 2.a. TABLA DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado	
<b>3/8"</b>	3,0	%
<b>1/2"</b>	2,5	%
<b>3/4"</b>	2,0	%
<b>1"</b>	1,5	%
<b>1 1/2"</b>	1,0	%
<b>2"</b>	0,5	%
<b>3"</b>	0,3	%
<b>6"</b>	0,2	%

#### 4.a. TABLA DE RELACION AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

f'c cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	incorporado	incorporado
<b>150</b>	0,8	0,71
<b>200</b>	0,7	0,61
<b>250</b>	0,62	0,53
<b>300</b>	0,55	0,46
<b>350</b>	0,48	0,4
<b>400</b>	0,43	---
<b>450</b>	0,38	---

<b>5. MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS</b>				
<b>Tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>	<b>Módulo de fineza de la combinación de agregados ue da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m3 indicados</b>			
	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>3/8"</b>	3.96	4.04	4.11	4.19
<b>1/2"</b>	4.46	4.54	4.61	4.69
<b>3/4"</b>	4.96	5.04	5.11	5.19
<b>1"</b>	5.26	5.34	5.41	5.49
<b>1 1/2"</b>	5.56	5.64	5.71	5.79
<b>2"</b>	5.66	5.94	6.01	6.09
<b>3"</b>	6.16	6.24	6.31	6.39

<b>6. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDADES DE VOLUMEN DE CONCRETO</b>				
<b>Tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>	<b>Módulo de fineza de la combinación de agregados ue da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m3 indicados</b>			
	<b>MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO</b>			
	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3</b>
<b>3/8"</b>	0.5	0,48	0,46	0,44
<b>1/2"</b>	0,59	0,57	0,55	0,53
<b>3/4"</b>	0,66	0,64	0,62	0,6
<b>1"</b>	0,71	0,69	0,67	0,65
<b>1 1/2"</b>	0,76	0,74	0,72	0,7
<b>2"</b>	0,78	0,76	0,74	0,72
<b>3"</b>	0,81	0,79	0,77	0,75
<b>6"</b>	0,87	0,85	0,84	0,81

➤ **ANEXOS N° 03: ANÁLISIS QUIMICO DEL POLVO DE ROCA DE GRANITO:**



**INFORME TÉCNICO N° 1458 – 15 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 RAZON SOCIAL : GRECIA MARQUEZ SOLES
  - 1.2 DNI : 72413150
2. **FECHA DE EMISIÓN** : 22 / 10 / 2015
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 01 MUESTRA DE POLVO DE ROCA GRANITO
  - 4.2 TESIS : SUSTITUCION DEL CEMENTO AL 5% DEL POLVO DE ROCA GRANITO PARA UN CONCRETO F' C 210 kg/cm<sup>2</sup>
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : Laboratorio N°12, Facultad de Ciencias
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25°C, Humedad relativa: 64%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X SHIMADZU, EDX-800HS.
8. **RESULTADOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	54.558	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	36.996	
Oxido de magnesio (MgO)	8.260	
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.098	
Cloro (Cl)	0.049	
Oxido de paladio (PdO)	0.024	
Oxido de plata (Ag <sub>2</sub> O)	0.015	

*\*Valores de óxidos calculados del análisis elemental.*

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.

Químico Yemerson M. Bartolo Ch.  
 Analista Químico  
 LABICER - UNI



M. Sc. Otilia Acha de la Cruz  
 Jefa de Laboratorio  
 CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



Figura N°1: Espectrofotómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura N°2: Muestra de polvo de roca granito contenido en portamuestra



Figura N°3: Muestra ubicada en el Espectrofotómetro de Fluorescencia de Rayos X



*Handwritten signature*

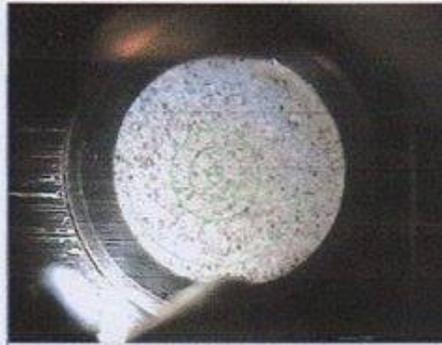


Figura N°4: Fotografía tomada a la muestra con la cámara interna del equipo

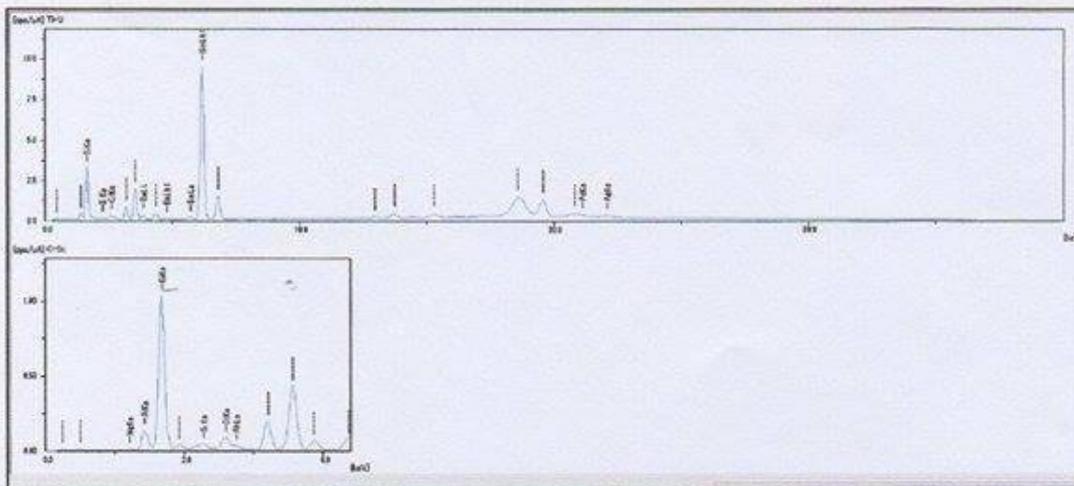


Figura N°5: Gráfica de Intensidad vs. Energía



*[Handwritten signature]*

➤ **ANEXOS N° 04: ANALISIS DE PH**



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 3000A-16**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : MARQUEZ SOLES GRECIA.  
DIRECCIÓN : Urb. La Libertad Mz 14 Lote 33 Chimbote  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 05 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de plástico cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-09-23  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-09-23  
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2016-09-24  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 001643-16

**RESULTADOS**

**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC' 210 KG/CM<sup>2</sup> CON LA SUSTITUCIÓN DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADO”**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Cemento	13,04
Polvo Roca Granito	11,09
97% Cemento + 3% Granito	13,09

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Setiembre 24 del 2016.  
DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

➤ **ANEXOS N° 05: CONTENIDO DE HUMEDAD**



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
( ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETÓ F'c =210 KG/CM<sup>2</sup> CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO  
 DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESICUIT  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 00/04/2018

PRUEBA Nº	01	02
TARA Nº		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1194	1136
TARA + SUELO SECO (gr)	1188	1132
PESO DEL AGUA (gr)	6.0	4.0
PESO DE LA TARA (gr)	208	200
PESO DEL SUELO SECO (gr)	980	932
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.61	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.52	



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
 JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
( ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA ZARANDEADA  
FECHA : 09/04/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1048	994
TARA + SUELO SECO (gr)	1160	990
PESO DEL AGUA (gr)	8	4
PESO DE LA TARA (gr)	202	207
PESO DEL SUELO SECO (gr)	808	788
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.95	0.51
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.73	



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE

➤ **ANEXOS N° 06: PESO UNITARIO**



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : VESIGUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 08/04/2018

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7808	7756	7828
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4488	4436	4508
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1610	1591	1617
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	1606		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1699		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8168	8176	8216
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4848	4856	4896
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1739	1742	1766
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	1746		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1737		



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Juan Taura  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA ZARANDEADA  
 FECHA : 09/04/2018

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19050	19050	19100
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13950	13950	14000
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1487	1491	1497
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1493		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1482		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19550	19550	19550
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	14450	14450	14450
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1545	1545	1545
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1545		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1534		

OBSERVACIONES : Los ensayos de peso unitario de Ag. Grueso fueron realizados con el molde del Ag. Fino

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

➤ **ANEXOS N° 07: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

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

SOLICITA : BACH. MARQUIZ SOLES GRECIA NATALY  
TÉRMS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F/C -210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO  
DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESQUE  
MATERIAL : ANENA GRUESA  
FECHA : 05/04/2018

A	Peso de material seco de superficie/mena seco (aire) gr	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	668.00	668.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	968.00	968.00
D	Peso de picnómetro + agua + material	858.60	858.60
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	109.40	109.40
F	Peso de material seco en estufa	296.60	296.60
G	Volumen de masa (F/A.F)	106.00	106.00
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.711	2.711
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.742	2.742
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.798	2.798
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	1.15	1.15

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.711  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.742  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.798  
Absorción (%) : 1.15



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



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

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO  
 DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTIDADA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA ZARANDIADA  
 FECHA : 02/04/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1359.50	1396.60
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	879.80	903.30
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	479.70	493.30
D	Peso de material seco en estufa	1350.50	1386.70
E	Volumen de masa (C-(A-D))	470.70	483.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.815	2.811
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.834	2.831
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.869	2.869
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.67	0.71

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.813  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.833  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.869  
 Absorción (%) : 0.69



**ANEXOS N° 08: ANALISIS GRANULOMETRICO**



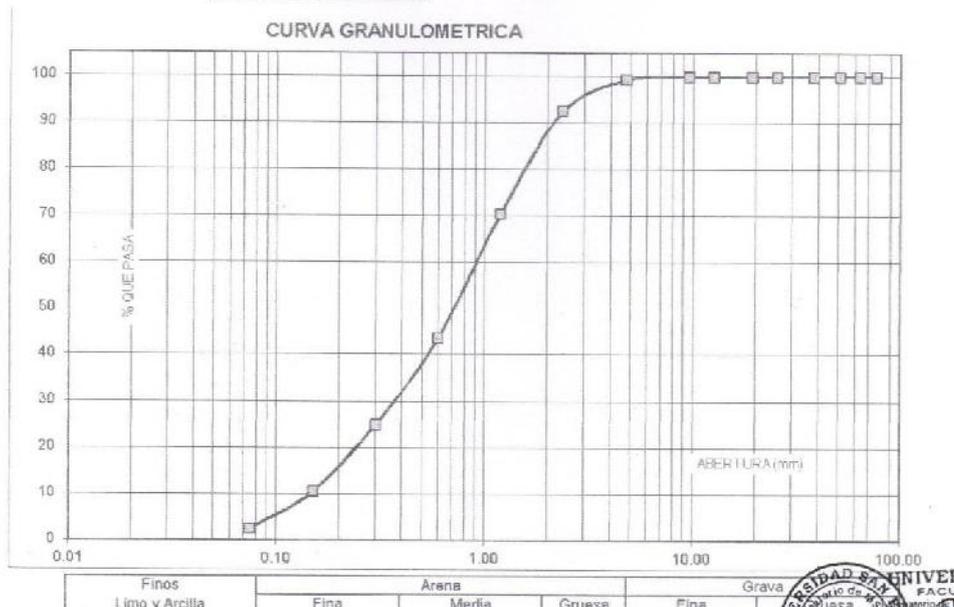
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : \*RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA\*  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 09/04/2018

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	7.1	0.7	99.3
N° 8	2.36	68.7	6.9	92.4
N° 16	1.18	220.6	22.1	70.3
N° 30	0.60	265.0	26.6	43.7
N° 50	0.30	186.3	18.7	25.1
N° 100	0.15	145.2	14.6	10.5
N° 200	0.08	78.9	7.9	2.6
PLATO ASTM C-117-04		26.1	2.6	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>997.9</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.59

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

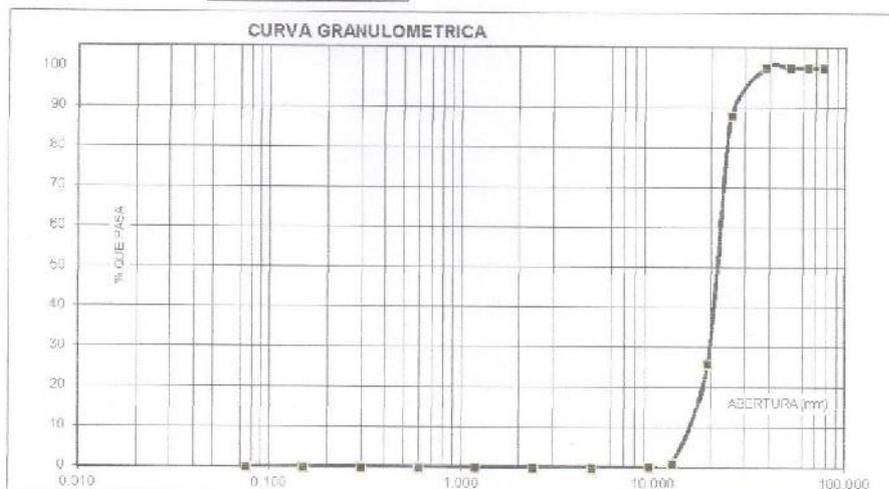
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA\*  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA ZARANDEADA  
 FECHA : 09/04/2016

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr)
Nº 3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	239.4	12.0	12.0	88.0
3/4"	19.100	1241.8	62.2	74.2	25.8
1/2"	12.500	496.1	24.8	99.0	1.0
3/8"	9.520	18.4	0.9	99.9	0.1
Nº 4	4.750	2.7	0.1	100.0	0.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 200	0.075	0.5	0.0	100.0	0.0
PLATO ASTM C-117-04		0	0.0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1996.9</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Huso	Nº 55 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante



Fines Limo y Arcilla	Arenas			Grava	
	Fina	Medio	Gruesa	Fina	Gruesa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEE

**ANEXOS N° 09: PESO ESPECÍFICO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletoir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANGASH  
MATERIAL : ROCA GRANITO  
FECHA : 09/04/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.50	21.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.50	21.50
PESO ESPECIFICO		2.977	2.977
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	2.977	

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

## **ANEXOS N° 10: DISEÑO DE MEZCLA**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO  $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$  CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días.

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.12

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.-Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1598  $\text{kg/m}^3$
- Peso unitario compactado 1737  $\text{kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.52 %
- Absorción 1.15 %
- Módulo de fineza 2.59

#### D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.81
- Peso unitario suelto 1482  $\text{kg/m}^3$
- Peso unitario compactado 1534  $\text{kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.73 %
- Absorción 0.69 %





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>.

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 193 / 0.68 = 282.16 kg/m<sup>3</sup> = 6.64 bolsas / m<sup>3</sup>

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	198.066	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	883.805	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1067.475	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{883.805}{282.16} : \frac{1067.48}{282.16}$$

1 : 3.11 : 3.76 : 29.66 lts / bolsa

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.91 : 3.78 : 29.66 lts / bolsa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA  
(SUSTITUCION 3% DE CEMENTO)**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

**ESPECIFICACIONES**

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

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.12

**B.- Polvo de Roca Granito :**

- Peso específico ..... 2.97

**C.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**D.- Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1598 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1737 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.52 %
- Absorción 1.15 %
- Módulo de fineza 2.59

**E.- Agregado grueso**

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.81
- Peso unitario suelto 1482 kg/m<sup>3</sup>
- *Peso unitario compactado* 1534 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.73 %
- Absorción 0.69 %





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 l/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.088
Polvo de Roca Ganito 3% sustitucion .....	(m <sup>3</sup> )	0.003
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.193
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.324
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.377
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.015
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

### PESOS SECOS

Cemento.....	275.30	kg/m <sup>3</sup>
Polvo de Roca Ganito.....	8.514	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	193.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	879.23	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1059.73	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	275.30	kg/m <sup>3</sup>
Polvo de Roca Ganito.....	8.514	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	199.87	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	883.81	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1067.48	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{275.30}{275.30} : \frac{8.514}{275.30} : \frac{883.81}{275.30} : \frac{1067.48}{275.30}$$

$$1 : 0.03 : 3.21 : 3.88 \quad 30.856 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

## **ANEXOS N° 11: ENSAYO DE EXUDACION**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON**

SOLICITA : BACH. MARGÜEZ SOLES GREGIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 09/04/2018  
 TIPO DE CONCRETO: CONCRETO PATRON

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
10:40:00 a. m.	10	13.1	13.1
10:50:00 a. m.	10	10.0	23.1
11:00:00 a. m.	10	6.0	29.1
11:30:00 a. m.	30	4.0	33.1
12:00:00 a. m.	30	1.0	34.1
12:30:00 a. m.	30	1.0	35.1
1:00:00 p. m.	30	0.0	35.1
1:30:00 p. m.	30	0.0	35.1

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$EXUDACION (\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :  
 C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w : Agua efectiva, en L  
 W : Cantidad total de materiales, en kg  
 V : Volumen final exudado, en L

V	=	0.0351 lt
---	---	-----------

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.750 kg
w : Agua efectiva, en L	1.221 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.448 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	6.580 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	14.999 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.684$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
0.45	55

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3439.999 kg
S : Peso del concreto; en Kg	14.999 kg

C	1.2 lt
---	--------

EXUDACIÓN (%)	2.87 %
---------------	--------

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO SUSTITUCION 3%**

SOLICITA: BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
 TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA: 09/04/2018  
 TIPO DE CONCRETO: CONCRETO PATRON

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
10:40:00 a. m.	10	12.0	12.0
10:50:00 a. m.	10	9.0	21.0
11:00:00 a. m.	10	6.5	27.5
11:30:00 a. m.	30	4.0	31.5
12:00:00 a. m.	30	1.5	33.0
12:30:00 a. m.	30	0.1	33.1
1:00:00 p. m.	30	0.0	33.1
1:30:00 p. m.	30	0.0	33.1
	30	0.0	33.1

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:  
 C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w: Agua efectiva, en L  
 W: Cantidad total de materiales, en kg  
 V: Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0331 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.750 kg
w: Agua efectiva, en L	1.221 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.448 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	6.580 kg
W: Cantidad total de materiales, en kg	14.999 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.684$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
0.45	55

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3439.999 kg
S: Peso del concreto; en Kg	14.999 kg

$$C = 1.2 \text{ lt}$$

EXUDACIÓN (%)	2.71 %
---------------	--------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

**ANEXOS N° 12: PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO-PATRON**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I**

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	21.300	21.00
Peso de molde	3.425	3.425
Peso de muestra	17.875	17.575
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007024	0.007024
Peso unitario (Kg/m3)	2545	2502
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2523	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE



**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO-SUSTITUCION 3%**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I  
CON ADICION DE 6%**

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	21.00	21.10
Peso de molde	3.425	3.425
Peso de muestra	17.575	17.675
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007024	0.007024
Peso unitario (Kg/m3)	2502	2516
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2509	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

**ANEXOS N° 13: AIRE ATRAPADO**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**AIRE ATRAPADO-PATRON**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
          BACH. NECIOSUP TAPIA JAHIRO JEFEERSON  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
          DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1	0.9	1.1
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**AIRE ATRAPADO-SUSTITUCION 3%**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GRECIA NATALY  
TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c =210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 09/04/2018

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	0.9	0.7	0.8
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	0.8		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



**ANEXOS N° 14: RESISTENCIA A LA COMPRESION**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ GOLES GRECIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
 DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 09/04/2016

N° C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/F <sub>C</sub> (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	14/04/2016	21/04/2016	7	148.00	70.48
02	PATRON	-	14/04/2016	21/04/2016	7	143.58	68.37
03	PATRON	-	14/04/2016	21/04/2016	7	155.26	73.93
04	PATRON	-	14/04/2016	28/04/2016	14	182.94	87.11
05	PATRON	-	14/04/2016	28/04/2016	14	180.61	86.01
06	PATRON	-	14/04/2016	28/04/2016	14	187.53	89.30
07	PATRON	-	14/04/2016	12/05/2016	28	209.41	99.72
08	PATRON	-	14/04/2016	12/05/2016	28	214.43	102.11
09	PATRON	-	14/04/2016	12/05/2016	28	210.23	100.11

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

OBSERVACIONES : Los testigos de concreto fueron elaborados con el incremento de desviacion standard.  
 Los testigos fueron elaborados por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH. MARQUEZ SOLES GREGIA NATALY  
 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON LA SUSTITUCION  
 DEL 3% EN PESO DEL CEMENTO POR ROCA DE GRANITO PULVERIZADA"  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 08/04/2018

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC' (%)
01	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	05/05/2016	7	163.29	77.76
02	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	05/05/2016	7	159.13	75.78
03	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	05/05/2016	7	156.87	74.70
04	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	12/05/2016	14	177.00	84.28
05	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	12/05/2016	14	176.53	84.06
06	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	12/05/2016	14	189.77	90.37
07	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	26/05/2016	28	213.39	101.62
08	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	26/05/2016	28	213.40	101.62
09	SUSTITUCION 3%	-	28/04/2016	26/05/2016	28	203.95	97.12

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

OBSERVACIONES : Los testigos de concreto fueron elaborados con el incremento de desviacion standard.  
 Los testigos fueron elaborados por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

# **PANEL FOTOGRAFICO**

➤ ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS

PROBETAS PATRON



Probetas patrón N° 01, 02 y 03 después de ser ensayadas a los 7.



Pesamos las probetas patrón para ser ensayadas a los 14 días de curado.



Las probetas patrón N° 04, 05 y 06 después de ser ensayada a los 14 días de curado

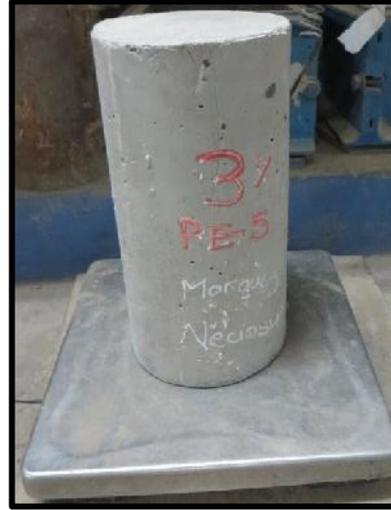


Se observa las probetas listas para ser ensayadas a los 28 días.



Observamos las probetas N° 07, 08 y 09 después de realizar los ensayos de Resistencia a la compresión.

PROBETAS EXPERIMENTALES AL 3%



Se procedió a pesar las probetas antes de ser ensayadas a los 14 días de curado.



Observamos las probetas experimentales al 3% N° 04, 05 y 06 después de ser ensayadas a los 14 días de curado.



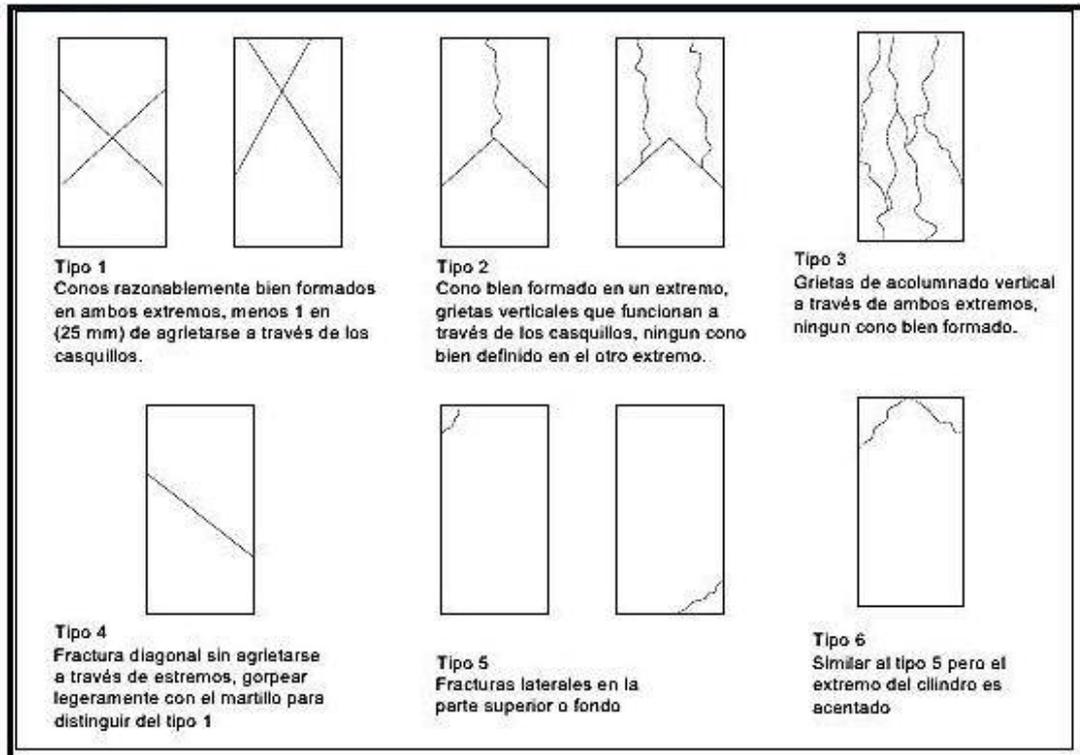
Se pesan las probetas experimentales al 3% para ser ensayadas a los 28 días.



Las probetas experimentales del 3% después de ser ensayadas a los 28 días de curado.

➤ **INTERPRETACION DE LAS FISURAS DE LAS PROBETAS**

**Según el ACI:** En el siguiente cuadro observamos los tipos de fallas.



**Fig. 12** Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura

○ **Ensayo a la compresión de las probetas patrón a los 7 días**



**Probeta patrón N° 01:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Probeta patrón N° 02:**

Tipo 2 grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningún cono bien definido en el otro extremo.



**Probeta patrón N° 03:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.

- Ensayo a la compresión de las probetas patrón a los 14 días



**Pobreta patrón N° 04:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta patrón N° 05:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta patrón N° 06:**

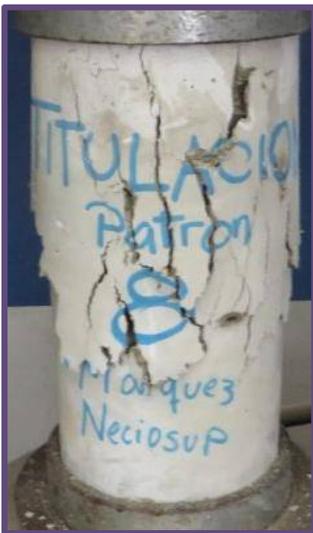
Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.

○ **Ensayo a la compresión de las probetas patrón a los 28 días**



**Pobreta patrón N° 07:**

Esta probeta es tipo 5, es decir, fracturas laterales en la parte superior o fondo.



**Pobreta patrón N° 08:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta patrón N° 09:**

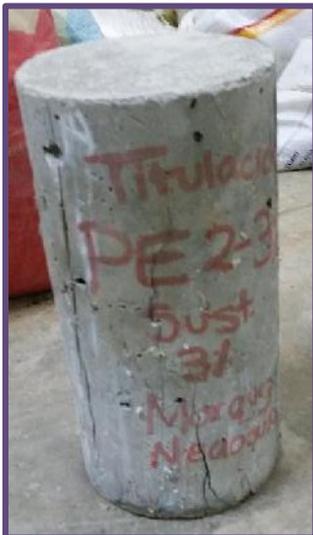
Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.

- Ensayo a la compresión de las probetas experimentales (sustitución 3%) a los 7 días:



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 01:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 02:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 03:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.

- **Ensayo a la compresión de las probetas experimentales (sustitución 3%) a los 14 días:**



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 04:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 05:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 06:**

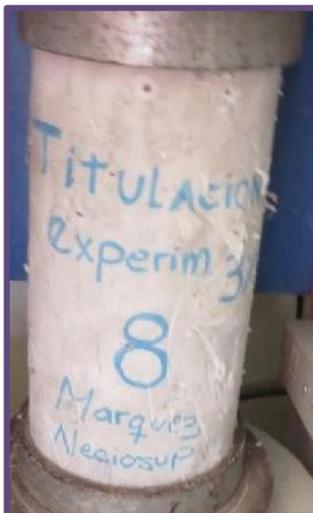
Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.

- **Ensayo a la compresión de las probetas experimentales (sustitución 3%) a los 28 días:**



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 07:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 08:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.



**Pobreta experimental (sustitución 3%) N° 09:**

Tipo 3 grietas acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningún cono bien formado.