

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO  
NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO”**

**TESIS**

**Presentado Por:  
HEBER CCOPA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROMOCIÓN 2013**

**PUNO - PERU**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

“EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA  
RESISTENCIA DEL CONCRETO”

**TESIS**

PRESENTADO POR:  
HEBER CCOPA MAMANI



PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE:**

---

**ING. NICOLAS LUZA FLORES**

**PRIMER MIEMBRO:**

---

**ING. RAUL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI**

**SEGUNDO MIEMBRO:**

---

**ING. NESTOR ELOY GONZALES SUCASAIRE**

**DIRECTOR DE TESIS:**

---

**ING. EMILIO AUGUSTO MOLINA CHAVEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

---

**DRA. GRETEL MENDIZABAL NOLTE**

Área: Construcciones.

Tema: Tecnología del concreto.

Línea de Investigación: La tecnología de los materiales.

**DEDICATORIA.**

*A mis queridos padres Gregorio y Juana  
por su abnegada labor y su infinita  
bondad.*

*A mis Hermanos: Wilder y Marizell, por  
su apoyo moral.*

*Mis patrocinadores Patronato Kollkas  
Homa, por todo su valioso apoyo,  
colaboración en el presente trabajo de  
investigación. Quien me oriento con sus  
mejores aportes académicos. ¡Gracias!.*

*A mis compañeros y amigos que siempre  
estuvieron compartiendo vida y amistad  
junto a mí.*

*A todos ellos.....Muchas  
Gracias.*

### **AGRADECIMIENTO.**

*Con mucha gentileza y respeto, en memoria al Ingeniero Percy Aza Morales, Ex-Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción del este proyecto, sin dejar de lado el inmenso apoyo moral como persona y como amigo.*

*A los miembros del jurado y director de tesis por su apoyo en la elaboración de este proyecto. Con mucha valoración a nuestra Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano y a la Escuela de Ingeniería de Civil, a los docentes y personal administrativo, quienes hicieron posible nuestra formación profesional.*

*Al personal del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Construcciones, por su apoyo desinteresado en el proceso de aprendizaje y elaboración de esta tesis.*

## INDICE

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	13
1.1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	14
1.1.3 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	14
1.2 ANTECEDENTES.....	15
1.3 OBJETIVOS .....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS. ....	18
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	18
1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	18
1.5 DISEÑO METODOLOGICO .....	18
1.5.1 DELIMITACION .....	18
1.5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.3 NIVEL DE INVESTIGACION .....	19
1.5.4 METODO DE INVESTIGACION.....	19
1.5.5 MUESTRA DE ESTUDIO.....	19
CAPITULO II. MARCO TEORICO .....	21
2.1 CONCRETO .....	21
2.1.1 DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES .....	21
2.1.2 MATERIALES COMPONENTES.....	21
2.1.2.1 Cemento.....	21
2.1.2.2 Agregados.....	24
2.1.2.3 Agua. ....	28
2.1.3 CONCRETO FRESCO.....	30
2.1.3.1 TRABAJABILIDAD.....	30
2.1.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA TRABAJABILIDAD .....	31
2.1.3.3 PRUEBAS DE TRABAJABILIDAD .....	32
2.1.3.4 SEGREGACIÓN.....	34
2.1.3.5 EXUDACIÓN. ....	34
2.1.4 CONCRETO ENDURECIDO .....	35
2.1.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION.....	35
2.1.4.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA RESISTENCIA .....	36
2.1.4.3 PRUEBAS DE COMPRESION .....	36

2.1.4.4	Durabilidad, Permeabilidad y Estabilidad de Volumen. ....	39
2.1.5	DISEÑO DE MEZCLAS .....	41
2.1.5.1	METODO DE ACI.....	42
2.1.5.2	MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA .....	43
2.2	ADITIVOS.....	44
2.2.1	DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES .....	44
2.2.2	TIPOS Y USOS .....	45
2.2.3	Aditivos Retardantes de Fragua y Reductores de Agua. ....	50
2.3	NANOTECNOLOGIA .....	52
2.4	GRAFENO.....	57
2.4.1	DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES .....	57
CAPITULO III. METODO DE INVESTIGACION .....		62
3.1	MATERIALES UTILIZADOS Y SU COMPOSICION .....	62
3.1.1	CEMENTO .....	62
3.1.2	AGREGADOS.....	65
3.1.2.1	EXTRACCION Y PREPARACION DE MUESTRAS .....	65
3.1.2.2	MUESTREO TOMADO DESDE DEPÓSITOS APILADOS.....	66
3.1.2.3	REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO.....	67
3.1.2.4	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	70
3.1.2.5	PESO UNITARIO.....	73
3.1.2.6	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....	75
3.1.2.7	MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS .....	80
3.1.2.8	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS .....	80
3.1.3	ANÁLISIS FISICO QUÍMICO DE LOS AGREGADOS .....	85
3.1.4	GRAFENO.....	86
3.1.5	AGUA.....	87
3.2	DISEÑO DEL CONCRETO PATRON.....	88
3.2.1	ESPECIFICACIONES.....	88
3.3	PRODUCCION DE CONCRETO EXPERIMENTAL .....	95
3.4	ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	100
3.4.1	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CONCRETO FRESCO .....	100
3.4.1.1	CONSISTENCIA (ASTM C413, NTP 339.035) .....	100
3.4.2	RESULTADO OBTENIDO EN CONCRETO ENDURECIDO .....	101
3.4.2.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	101
3.4.2.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	102
CAPITULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS .....		109

4.1	GENERALIDADES: .....	109
4.2	AGREGADOS .....	109
4.2.1	AGREGADO FINO:.....	109
4.2.2	AGREGADO GRUESO:.....	110
4.3	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO: .....	110
4.3.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	110
4.3.1.1	CONCRETO PATRON: .....	110
4.3.1.2	CONCRETO CON GRAFENO: .....	110
4.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	111
4.5	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:.....	118
4.5.1	CONSISTENCIA: .....	118
4.6	ANÁLISIS DE COSTO .....	120
4.6.1	COSTO DEL CONCRETO PATRÓN:.....	121
4.6.2	COSTO DEL CONCRETO CON ADITIVO:.....	121
4.6.3	COMPARACIÓN DE COSTOS .....	122
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		123
5.1	CONCLUSIONES .....	123
5.2	RECOMENDACIONES .....	123

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1 Operacionalizacion de variables.....	20
Tabla 2.1 Principales Componente del Cemento Pórtland.....	23
Tabla 2.2 Principales tipos de Cemento Pórtland.....	24
Tabla 2.3 valores promedio típicos de la composición de los componentes del cemento.....	25
Tabla 2.4 Requerimientos de granulometría para el agregado fino.....	27
Tabla 2.5 Requerimientos de granulometria de los agregados gruesos.....	28
Tabla 2.6 Límites Permisibles de contenidos y sustancias disueltas.....	29
Tabla 2.7 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto .....	38
Tabla 2.8 Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d .....	39
Tabla 2.9 Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto.....	40
Tabla 2.10 Especificaciones para los tipos de aditivos (ASTM 494 – 82).....	50
Tabla 2.11 Otras equivalencias del nanómetro.....	54
Tabla 3.1 Composición química de la piedra caliza.....	64
Tabla 3.2 Composición química de la arcilla.....	65
Tabla 3.3 Composición química de la puzolana.....	65
Tabla 3.4 Calidad fisico-química del cemento RUMI TIPO 1P.....	66
Tabla 3.5. Tamaños de muestra requerida.....	67
Tabla 3.6. Información general de los agregados. ....	68
Tabla 3.7 Tamaños mínimos de muestra representativa.....	73
Tabla 3.8. Resultados del Contenido de Humedad del agregado fino.....	74
Tabla 3.9. Resultados del Contenido de Humedad del agregado grueso.....	75
Tabla 3.10. Peso unitario seco del agregado fino.....	76
Tabla 3.11. Peso unitario compactado del agregado fino.....	76
Tabla 3.12. Peso unitario seco del agregado grueso.....	77
Tabla 3.13. Peso unitario compactado del agregado grueso.....	77
Tabla 3.14. Mallas estándar ASTM.....	77
Tabla 3.15. Tamaño de muestra de agregados para el ensayo.....	78
Tabla 3.16. Granulometría del agregado fino.....	80
Tabla 3.17. Granulometría del agregado grueso.....	81
Tabla 3.18. Peso específico y % de absorción del agregado fino.....	85
Tabla 3.19. Cantidad mínima de muestra para realizar el ensayo.....	86
Tabla 3.20. Peso específico y % de absorción del agregado grueso.....	87
Tabla 3.21. Características físico químicas de los gregados.....	87
Tabla 3.22. Características físico químicas del agua de mezcla.....	89
Tabla 3.23. Características físicas de los materiales componentes del concreto.....	90



Tabla 3.24. Resistencia promedio sin registro de resultados anteriores.....	91
Tabla 3.25. Correlación entre la consistencia y el asentamiento.....	92
Tabla 3.26. Volumen unitario de agua.....	92
Tabla 3.27. Contenido de aire.....	93
Tabla 3.28. Relación agua/cemento.....	93
Tabla 3.29. Módulo de fineza de la combinación de gregados.....	95
Tabla 3.30. Ensayo de asentamiento y variación con respecto al concreto patrón.....	102
Tabla 3.31. Resistencia a la compresión del concreto patrón probetas de 6"x12".....	104
Tabla 3.32. Resultados de resistencia a compresión de concreto con grafeno al 0.5%.....	106
Tabla 3.33. Resultados de resistencia a compresión de concreto con grafeno al 1%.....	107
Tabla 3.34. Resultados de resistencia a compresión de concreto con grafeno al 1.5%.....	108
Tabla. 3.35. Resumen de roturas de probetas de 4"x8".....	110
Tabla 4.1. Resistencia a compresión a 28 días.....	113
Tabla 4.2. Resistencia a la compresión a los 7 días.....	116
Tabla 4.3. Resistencia a la compresión a los 14 días.....	117
Tabla 4.4. Resistencia a la compresión a los 21 días.....	118
Tabla 4.5. Resumen de resistencias a compresión.....	120
Tabla 4.6. Costo del concreto patrón.....	122
Tabla 4.7. Costo del concreto con grafeno al 0.5%.....	122
Tabla 4.8. Comparación de costos.....	123

### INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Molde para la prueba de revenimiento .....	33
Grafico 2 El versátil carbono (Díaz del Castillo, 2012) .....	57
Grafico 3 Estructura de una membrana de grafeno desarrollada por la Universidad de Berkeley. (Saldivar, 2012). .....	59
Grafico 4 Grafito, formado por capas de grafeno que interaccionan débilmente entre sí. (Saldivar, 2012). .....	60
Grafico 5 Diagrama de toma de muestras.....	67
Grafico 6 Cuarteo de agregado grueso .....	69
Grafico 7 Selección de agregado fino.....	69

Grafico 8 Estado de humedad del agregado .....	70
Grafico 9 Determinando el contenido de humedad .....	72
Grafico 10 Curva granulométrica del agregado fino .....	78
Grafico 11 Curva granulométrica del agregado grueso .....	79
Grafico 12 Grafeno .....	87
Grafico 13 Procedimiento de mezclado de concreto .....	96
Grafico 14 Materiales utilizados, cemento, agregados, grafeno en polvo .....	97
Grafico 15 Preparación del concreto .....	97
Grafico 16 Dosificación del Cemento .....	98
Grafico 17 Toma de muestras en briqueteras .....	98
Grafico 18 Preparando el curado por inmersión .....	99
Grafico 19 Ensayos de resistencia a la compresión .....	99
Grafico 20 Ensayo de asentamiento.....	101
Grafico 21 Ensayo de asentamiento.....	101
Grafico 22 Resistencia y tiempo de curado .....	108
Grafico 23 Resistencia final a los 28 días.....	111
Grafico 24 Resistencia vs Tiempo .....	118
Grafico 25 Comparación de costos y tipo de concreto. ....	122

## RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo principal evaluar los efectos de un aditivo nanotecnológico como el grafeno en las propiedades del concreto fresco y endurecido, para lo cual se ha recopilado y analizado información inherente al tema de estudio y se verificó que el aditivo tiene efectos positivos siendo este una importante alternativa para un desarrollo en la tecnología del concreto.

En la investigación se realizaron ensayos comparativos entre un concreto patrón, que no contenía grafeno y concreto con porcentajes del peso del cemento utilizado. El porcentaje del grafeno adicionado osciló entre los 0.5%, 1% y 1.5% cm. El concreto patrón se diseñó para lograr una resistencia a la compresión a los 28 días, de 210kg/cm<sup>2</sup>. Las propiedades del concreto que se observaron fueron la consistencia y la resistencia a la compresión.

En el concreto en estado fresco se determinó que, con la incorporación de grafeno, la consistencia aumenta con respecto al concreto patrón, dependiendo de la cantidad de grafeno adicionado.

En el concreto endurecido, curado por inmersión, se logró determinar que la adición de grafeno tiene una influencia positiva en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto, también se puede apreciar que el mayor efecto se ve a los 7 días de curado, actuando como un aditivo acelerante, cumpliéndose que a mayor porcentaje de grafeno, los efectos son mínimos ya que la resistencia a compresión tiende a converger.

Palabras Clave: Concreto, efecto, grafeno, resistencia, consistencia.

## ABSTRACT

This research has the main objective to evaluate the effects of a nanotechnological additive such as graphene on the properties of fresh and hardened concrete, for which information has been collected and analyzed inherent to the subject of study and verified that the additive has positive effects being this An important alternative for a development in concrete technology.

In the research comparative tests were carried out between a standard concrete, which did not contain graphene and concrete with percentages of the weight of the cement used. The percentage of graphene added ranged between 0.5%, 1% and 1.5% cm. The standard concrete was designed to achieve a compressive strength at 28 days, of 210kg / cm<sup>2</sup>. The properties of the concrete that were observed were the consistency and the resistance to the compression.

In the concrete in fresh state it was determined that, with the incorporation of graphene, the consistency increases with respect to the standard concrete, depending on the amount of graphene added.

In the hardened, dip-cured concrete, it was determined that the addition of graphene has a positive influence on the increase in the compressive strength of the concrete, it can also be seen that the greatest effect is seen after 7 days of curing, Acting as an accelerant additive, with a higher percentage of graphene, the effects are minimal since the compressive strength tends to converge.

Keywords: Concrete, effect, graphene, strength, consistency.

## **CAPITULO I.**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

El concreto es el material más usado desde hace muchos años atrás en la ingeniería civil para la construcción de obras de todo tipo a nivel local, nacional y mundial, es el material de construcción más utilizado (más de 11 mil millones de toneladas métricas se consumen cada año en todo el mundo y la industria del cemento es responsable de aproximadamente el 5-8% en todo el mundo de todas las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono, el concreto a experimentado las fases de concreto normal y concreto de alta resistencia, hoy en día la investigación de las propiedades de este material en el rango nanotecnológico, afirma que "la esencia de la nanotecnología es la capacidad de trabajar a nivel molecular, átomo por átomo, para crear grandes estructuras con fundamentalmente nueva organización molecular." esto constituye un foco importante de investigación, la comprensión de estas características permite el control de sus propiedades macroscópicas. (Alkhateb, 2013)

En cuanto al concreto que tiene incorporado nanomoléculas en su estructura, en la actualidad se no se han realizado estudios para determinar, sus propiedades

mecánicas de resistencia y trabajabilidad, en un clima híbrido como es la región de Puno.

Esta investigación se centrará en un tema aún no abordado en las investigaciones realizadas hasta ahora, que es la determinación de la influencia de las nanomoléculas de grafeno en el concreto se estudiará el comportamiento de muestras fabricadas con este nanomaterial, sometido a ciertas condiciones desfavorables que se definirán a futuro en esta investigación.

### 1.1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

De esta forma planteamos las preguntas del problema de investigación.

¿Cuál es el efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800msnm?

- ) ¿Cómo influye el grafeno en la trabajabilidad del concreto?
- ) ¿Cómo influye el porcentaje de grafeno como aditivo nanotecnológico, en el tiempo para adquirir la resistencia final de diseño?

### 1.1.3 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El uso del concreto es importante, para ciertos fines de la construcción de obras civiles, contar con aditivos nanotecnológicos que permitan el uso más eficiente del cemento, así se deje de contaminar menos con la producción de cemento, con el avance de la nanociencia se llegara a cambiar algunas de las propiedades de los cementos que se usan comúnmente, incorporándoles un aditivo nanotecnológicos o un ingrediente específico que permita obtener un concreto adecuado a las necesidades puntuales de la obra, en lugar de usar un cemento especial. (Muciño, 2009)

El presente trabajo se justifica, puesto que es necesario estudiar el

comportamiento del grafeno como aditivo, sus efectos directos en la trabajabilidad y obtención de la resistencia de diseño puesto que estamos hablando de una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, afectando directamente al poblador y al Ingeniero Civil, debemos considerar que el estudio a efectuar se realizara en un clima híbrido tan particular en la ciudad de Puno a 3800msnm.

## 1.2 ANTECEDENTES

- ) En el artículo “concreto nanotecnologico” Muciño, Alberto del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey señala: La ciencia ha evolucionado de una manera impresionante, desde nuevos avances en sectores como la salud, el espacio e incluso la modificación de caracteres humanos, hasta productos que están al alcance de nuestras manos todo esto por medio de la manipulación de moléculas ya sea de forma física o química, jugando con las nuevas propiedades como resultado de estos y con características como la durabilidad y disponibilidad de masas, iguales o mejores, pero que por medio de estos se obtengan mayores beneficios y que proporcionen grandes avances a la humanidad pero sin dañar su propia supervivencia. (Muciño, 2009)
- ) En el articulo “Materials Genome For Graphene-Cement Nanocomposites For Infrastructure Applications” los autores: Hunain Alkhateb, Ahmed Al-Ostaz. Department of Civil Engineering, University of Mississippi En este trabajo se intenta establecer un puente hallazgos recientes del descubrimiento científico basado en su nivel más alto de la nanotecnología en las últimas dos décadas, a un campo de infraestructura civil. El documento pone de relieve los principales

hallazgos en la fabricación y caracterización de nanocompuestos de grafeno en cemento, resultados indicaron que la funcionalización de grafeno podría mejorar la fuerza interfacial y, por tanto, la respuesta general de concreto. (Alkhateb, 2013)

- J En el artículo “Preparation and Mechanical Properties of Graphene Oxide:Cement Nanocomposites” de los autores: Fakhim Babak, Hassani Abolfazl, Rashidi Alimorad de The Scientific World Journal. Se investiga el rendimiento de óxido de grafeno (GO) en la mejora de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de cemento. Un superplastificante de policarboxilato se utiliza para mejorar la dispersión de GO en el cemento. La resistencia mecánica de nanocompuestos grafeno de cemento que contienen 0,1-2% en peso y 0,5% en peso de superplastificante se midió y comparó con la de cemento preparado sin GO. Se encontró que la resistencia a la tracción del mortero de cemento aumentó con el contenido de GO, llegando a 1,5%, un aumento del 48% en la resistencia a la tracción. (Babak, 2014).

- J Adisson, Villalta Quispe en su Tesis “TRATAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTIA MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DEL MODELO DE MORAY CON LA APLICACIÓN DE “GRAFENOS” CON RESPECTO A UN POZO DE INFILTRACIÓN” Desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de tratamiento de agua en los prototipos Moray y el pozo de infiltración y optimizar el tratamiento de aguas de escorrentía con la adición de grafeno en el modelo Moray. En el prototipo se



adicionó a este diseño la aplicación de grafeno que por su alto poder alcalinizante permitieron su optimización. Finalmente se concluyó que el Prototipo Moray optimizó la eficiencia de infiltración con respecto a un pozo de características convencionales, así mismo los parámetros de calidad de agua tratada presentaron mejores resultados en el prototipo con aplicación de 2 cm de grafeno.

J) Nadia Martinez Mayorga en su tesis “EVALUACION DEL EMPLEO DE VASIJAS DE ARCILLA CON LA APLICACIÓN DE NANOCOMPUESTOS (GRAFENO) RESPECTO AL ENVASE CONVENCIONAL PARA ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE QUINUA” Desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano en la Facultad de Ciencias Agrarias. Se tiene como objetivo evaluar el empleo de las vasijas de arcilla con nanocompuestos (Grafeno) para la conservación de granos de quinua. Se sometió a pruebas de resistencia a las probetas de arcilla elaboradas con nanocimpuestos (grafenos) resultado con mejor resistencia la probeta elaborada con 5% del citado nanocompuesto, mejorando en un 28% su resistencia a la rotura.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Estudiar el efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800msnm.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- ) Experimentar los cambios existentes de trabajabilidad de concreto.
- ) Determinar el cambio del porcentaje de grafeno y la resistencia de concreto

## **1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

- ) El efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico mejora la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800msnm.

### **1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- ) El grafeno mejora la trabajabilidad del concreto
- ) Los cambios en el porcentaje de grafeno mejora la resistencia del concreto

## **1.5 DISEÑO METODOLOGICO**

### **1.5.1 DELIMITACION**

#### **a) Temporal**

Periodo de ejecución de la presente investigación año 2015.

#### **b) Espacial**

La investigación se realizó en los laboratorios de la UNA – Puno a 3820msnm.

### **1.5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación será del tipo: CORRELACIONAL – EXPLICATIVO

puesto que tiene como propósito relacionar y vincular entre si el comportamiento mecánico del concreto a compresión con la inclusión de un porcentaje de grafeno como aditivo.

“La investigación correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernandez, 2006).

### **1.5.3 NIVEL DE INVESTIGACION**

El nivel de investigación es EXPLICATIVO, ya que se centra en determinar las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente.

“La investigación explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernandez, 2006).

### **1.5.4 METODO DE INVESTIGACION**

El método de investigación es CUANTITATIVO, ya que el enfoque cuantitativo usa la relación de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### **1.5.5 MUESTRA DE ESTUDIO**

- ) El diseño de mezclas fue para un concreto de resistencia a la compresión de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .
- ) Las muestras de concreto fueron briquetas cilíndricas de 6''x12''.
- ) En total las briquetas ensayadas fueron 60 unidades.

**Tabla 1.1. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

	<b>Definición del problema</b>	<b>Hipotesis</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Factor a Medir</b>
<b>General</b>	¿Cuál es el efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800msnm?	El efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico mejora la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800msnm	INDEPENDIENTE Dosificación de concreto con grafeno.	Dosificación de grafeno.	% de Grafeno a emplear (0.5, 1 y 1.5) del peso del cemento
			DEPENDIENTE Comportamiento mecánico del concreto.	Características mecánicas del concreto patrón y concreto con grafeno	Resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días y trabajabilidad de concreto fresco
<b>Específico 01</b>	¿Cómo influye el grafeno en la trabajabilidad del concreto?	El grafeno mejora la trabajabilidad del concreto	INDEPENDIENTE Grafeno.	Dosificación de grafeno.	% de Grafeno a (0.5, 1 y 1.5) del peso del cemento
			DEPENDIENTE Trabajabilidad	Ensayo de compresión del Concreto (ASTM C-143), en concreto patrón y con grafeno	Consistencia del concreto. Asentamiento del cono de Abrams.
<b>Específico 02</b>	¿Cómo influye el porcentaje de grafeno como aditivo nanotecnológico, en el tiempo para adquirir la resistencia final de diseño?	Los cambios en el porcentaje de grafeno mejora la resistencia del concreto	INDEPENDIENTE Grafeno.	Dosificación de grafeno.	% de Grafeno a (0.5, 1 y 1.5) del peso del cemento
			DEPENDIENTE Resistencia del concreto a la compresión	Ensayo de compresión del Concreto (ASTM C-39), en concreto patrón y con grafeno	Resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ )

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 CONCRETO**

##### **2.1.1 DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES**

“El concreto es un material constituido en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados, aire y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción” (Pasquel,1998)

##### **2.1.2 MATERIALES COMPONENTES**

Para poder dominar el uso del concreto no solo hay que conocer las manifestaciones del producto resultante sino también de los componentes y su interrelación, ya que son en mayor instancia los que le confieren su particularidad.

###### **2.1.2.1 CEMENTO.**

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, molido finamente hasta obtener un polvo muy fino, que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

Los componentes principales del cemento son cinco, y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1 Principales Componente del Cemento Pórtland**

Nombre del Componente	Composición óxida	Abreviatura
Silicato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Silicato Bicalcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Aluminato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$

Fuente: "Tópicos de Tecnología del Concreto" (Pasquel, 1998).

- *Los silicatos* son los componentes más importantes y los causantes de la resistencia de la pasta hidratada de cemento; estos óxidos tienen efectos significativos en los ordenamientos atómicos, en la forma de los cristales y en las propiedades hidráulicas de los silicatos.

- *El Aluminato Tricálcico* no es deseable en el cemento, ya que contribuye poco o nada a la resistencia del mismo, excepto en las primeras etapas; y cuando la pasta de cemento endurecida es atacada por los sulfatos.

- *El Aluminoferrato* está presente pero en pequeñas cantidades, no influye significativamente en su comportamiento; sin embargo, reacciona con el yeso para formar sulfoferrita de calcio y su presencia puede acelerar la hidratación de los silicatos.

- *Los Componentes Menores* que por lo general no representan más que un pequeño porcentaje de la masa del cemento. De estos dos son de interés: los óxidos de sodio y potasio,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , conocidos como los álcalis

- *El Yeso* que regula la velocidad con que se desarrolla el

endurecimiento del cemento debe ser controlada dentro de ciertos límites para que éste sea un producto útil en la construcción. Si las reacciones fuesen demasiado rápidas, el concreto endurecería rápidamente y no podría ser transportado y colocado sin ocasionarle daño. Si las reacciones fueran demasiado lentas, la demora en adquirir resistencia sería objetable. Por lo tanto la velocidad e reacción debe controlarse. Esto se logra dosificando cuidadosamente la cantidad de yeso que se agrega al clinker durante la molienda (Abanto,1988)

#### **TIPOS DE CEMENTO:**

Cuando las proporciones de los componentes del cemento se varían, el comportamiento del concreto hidratado también, es por eso que se genera diversos tipos de cemento para necesidades específicas. La siguiente tabla da un resumen de los tipos de cemento existentes.

*Tabla 2.2 Principales tipos de Cemento Pórtland*

<b>Tipo</b>	<b>ASTM</b>	<b>Descripción</b>
Tipo I	C 150 – 84	Pórtland común
Tipo II	C 150 – 84	Pórtland con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
Tipo III	C 150 – 84	Pórtland de endurecido rápido
Tipo IV	C 150 – 84	Pórtland de bajo calor de hidratación
Tipo V	C 150 – 84	Pórtland resistente al sulfato
Tipo IP	C 595 – 83 a	Pórtland puzolánico de 15 a 40 % de puzolana

Fuente: Norma ASTM.

No, ha sido posible encontrar en la composición del cemento una

respuesta completa a la durabilidad del concreto. Las propiedades físicas y mecánicas más importantes de concreto también son afectadas por factores distintos de la composición del cemento, aunque ésta determine, en lato grado, l índice de incremento de la resistencia. En la figura el índice general de desarrollo de la resistencia de concreto hechos con diferentes cementos: mientras los porcentajes varían considerablemente, hay poca diferencia en la resistencia a 90 días en todos los casos.

**Tabla 2.3 valores promedio típicos de la composición de los componentes del cemento**

Cemento	Composición de los componentes, %							
	C3S	C1S	C3A	C3AF	CaSO4	CaO Libre	MgO	Pérdida encendido
Tipo I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4	1.2
Tipo II	46	29	6	12	2.8	0.6	3.0	1.0
Tipo III	60	12	8	8	3.9	1.3	2.6	1.9
			máx.					
Tipo IV	30	46	12	13	2.9	0.3	2.7	1.0
			15					
			máx.					
Tipo V	43	36	5	12	2.7	0.4	1.6	1.0
			máx.					
			mín.					
			máx.					

Fuente: Norma ASTM.

### 2.1.2.2 AGREGADOS.

Se define agregados como los elementos inertes en el concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor del 75% del volumen total del concreto; es por eso que tienen primordial importancia en el comportamiento final del concreto. (Rivva, 2010)

El concreto se hace con partículas de agregado de una variedad de



tamaños, la distribución del tamaño de la partícula se denomina gradación. La alternativa de uso más común en la fabricación de concretos de buena calidad consiste en obtener el agregado en por lo menos dos lotes separados, con la división principal en el tamaño de partícula de 9.5 mm. o la malla número 3/8 de la ASTM. Así, se divide el *agregado fino* (arena) del *agregado grueso* (grava).

- *El Agregado fino* puede consistir de arena natural o manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.

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

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados la Norma ASTM C 33, y es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- ) La granulometría deberá ser preferentemente continua con los valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler
- ) El agregado no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera
- ) En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

**Tabla 2.4 Requerimientos de granulometría para el agregado fino**

MALLA	% QUE PASA
3/8	100
4	95 – 100
8	80 – 100
16	50 – 85
30	25 – 60
50	10 – 30
100	2 – 10

Fuente: Norma ASTM C – 33.

- **El agregado grueso** se define como el material retenido en el tamiz 4.75 mm. (Nº 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ASTM C 33. Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. El Agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

Gravas, Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la segregación, natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras.

Piedra partida o chancada, es obtenida de la trituración artificial de las rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg./m<sup>3</sup>.

El agregado grueso debe de estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ASTM C 33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5 Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos**

N <sup>o</sup> ASTM	Tamaño Nominal	% que pasa los Tamices Normalizados												
		100 mm. (4")	90 mm. (3 1/2")	75 mm. (3")	63 mm. (2 1/2")	50 mm. (2")	37.5 mm. (1 1/2")	25. mm. (1")	19 mm. (3/4")	12.5 mm. (1/2")	9.5 mm. (3/8")	4.75 mm. (N <sup>o</sup> 4)	2.36 mm. (N <sup>o</sup> 8)	1.18 mm. (N <sup>o</sup> 16)
1	90 a 37.5 mm. (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5 mm. (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25 mm. (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm. (2" a No 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19 mm. (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm. (1 1/2" a N <sup>o</sup> 4)					100	90 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
6	25 a 12.5 mm. (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 a 9.5 mm. (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25 a 4.75 mm. (1" a N <sup>o</sup> 4")						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19 a 9.5 mm. (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 a 4.75 mm. (3/4" a N <sup>o</sup> 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm. (1/2 a N <sup>o</sup> 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm. (3/8 a N <sup>o</sup> 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma ASTM C – 33.

### 2.1.2.3 AGUA.

El agua es indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe de cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química.

La Norma Peruana NTP 339.088, considera aguas aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas cuyos contenidos y sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

*Tabla 2.6 Límites Permisibles de contenidos y sustancias disueltas*

Descripción	Límite permisibles
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1 00 ppm máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1 000 ppm máximo
PH	5 a 8 máximo

Fuente: NTP 339.088.

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

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

Otra función del agua después del fraguado del concreto, es el curado, (*agua para curado*) con lo que se produce una hidratación adicional del cemento. En general son los mismos requisitos que deben ser cumplidos por el agua de mezcla.

*El concepto del pH* es: el algoritmo negativo base 10 de la concertación de los hidrogenionesgramo contenidos en un litro de solución acuosa (1.Hidrogeniongramo = 1 gramo)

La escala usual de valores de pH va del 0 al 14, el agua pura completamente neutra presenta un valor de pH 7. Un pH igual a cero corresponde a una solución acuosa muy ácida, y un pH 14 a una muy básica.

Debido al carácter logarítmico del concepto pH, una variación de una unidad en el valor pH considerado, implica una disminución o un aumento 10 veces mayor en la concentración de acidez o basicidad respectiva.

Como soluciones fuertemente ácidas se entienden aquellas con pH de 0 a 3 y como débilmente ácidas las que presentan un pH de 4 a 6, en forma similar un campo de 8 a 10 corresponde a soluciones débilmente básicas, y un pH comprendido entre 11 a 14 representa soluciones fuertemente básicas.

El ataque ácido sobre el hormigón debe considerarse como nocivo en general cuando el elemento agresivo presenta un pH inferior a 6.

### **2.1.3 CONCRETO FRESCO**

Es aquel concreto recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable, en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

Las propiedades a largo plazo del concreto (la resistencia, estabilidad de volumen, durabilidad) son severamente afectadas por el grado de compactación, es esencial que la consistencia o trabajabilidad del concreto fresco sean tales que pueda compactarse adecuadamente, ser transportado, colocado y acabado con la facilidad suficiente para que no segregue, lo cual perjudica la compactación.

#### **2.1.3.1 TRABAJABILIDAD**

Se define así: “a la mayor o menor dificultad de mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, ya que un concreto que puede ser manejable bajo ciertas condiciones de colocación, no necesariamente resulta así si dichas condiciones cambian”(Pasquel,1998).

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el “SLUMP” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse una idea clara, que es mas una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concreto con igual Slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

### 2.1.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad del concreto está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que producen en el caso óptimo una continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

*La pasta* tiene cuatro funciones principales: contribuir a dar las propiedades requeridas por el producto endurecido, separar las partículas del agregado, llenar los espacios entre las partículas y adherirse fuertemente a ellas y proporcionar lubricación a la masa cuando esta aún no ha endurecido. Esta última función es la que se refiere a la trabajabilidad del concreto, y su vez depende de otros factores como: la finura del cemento, la composición química, el grado de hidratación, la temperatura y el tiempo.

*El contenido de agua* dentro del concreto fresco, es el principal elemento, ya que bastara añadir agua para que se incremente la lubricación entre las partículas, sin embargo, a fin de lograr condiciones óptimas para que haya un espacio mínimo de vacíos o una máxima densidad sin segregaciones, se debe tener en cuenta la influencia del tipo de agregado y la gradación.

*El equilibrio entre agregados gruesos y finos* es la granulometría adecuada para obtener una buena trabajabilidad, es decir un Módulo de Fineza general con una superficie específica adecuada genera una necesidad de agua, la variación de éstos varía la necesidad de agua dentro del concreto, si el Slump es mayor que el diseñado es indicativo que la granulometría total se ha vuelto más gruesa, en consecuencia el módulo de fineza se incrementó y disminuyó la superficie específica pero todo esto

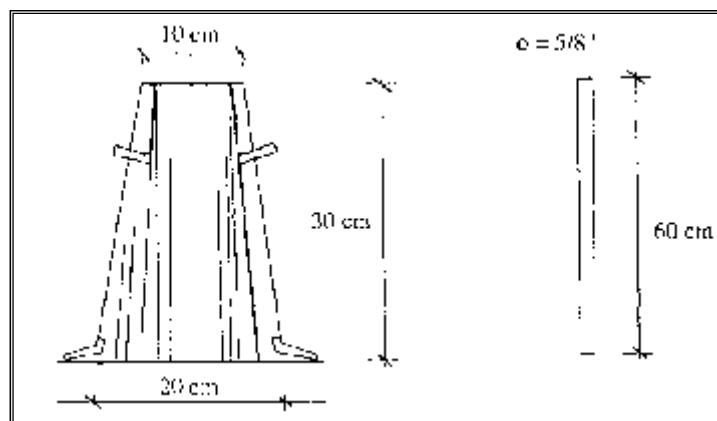
sin cambiar la relación agua/cemento; ahora si el efecto es el contrario significa que el módulo de fineza disminuyo y la superficie específica aumento.

### 2.1.3.3 PRUEBAS DE TRABAJABILIDAD

Desafortunadamente no existe una prueba aceptable para medir la trabajabilidad tal como ha sido definida. Los métodos proporcionan una medida aplicable sólo en referencia al método específico que se emplee. Sin embargo tienen una aceptación y su mérito principal reside en la sencillez de la operación, con una capacidad para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones nominales específicas. Dentro de estas pruebas tenemos: Prueba de revenimiento, prueba del factor de compactación, prueba de la mesa de flujo y la prueba de penetración de la bola.

*Prueba de revenimiento (ASTM C 143-78):* El molde para la prueba de revenimiento es un cono truncado de 305 mm. (12”) de altura, La base de 203 mm. (8”) y la abertura superior de un diámetro de 102 mm. (4”) que se le coloca sobre una superficie plana. El recipiente se llena con concreto en tres capas, cada una de ellas apisonada 25 veces con una varilla de acero estándar de 16 mm. (5/8”) de diámetro redondeada en el extremo. En la superficie superior se va eliminando lo que excede haciendo rodar una varilla por encima. El molde debe quedar firmemente sujeto a su base durante toda la operación; esto se facilita colocando unas abrazaderas soldadas.





**Grafico 1 Molde para la prueba de revenimiento**

Inmediatamente después del llenado se levanta el cono con suavidad y el concreto se desploma, de ahí el nombre de la prueba. La disminución de la altura en el centro del concreto desplomado se denomina revenimiento y se mide hasta lo más alto cercano a 5mm (1/4"). Para reducir la influencia de la variación en la fricción superficial, en el interior del molde y su base deben estar húmedos al comienzo de cada prueba, y antes de levantar el molde, el área que le rodea debe estar limpia, libre del concreto que pueda haber caído accidentalmente.

Si en vez de desplomarse uniformemente en todo el rededor, como en un verdadero desplome, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que ocurre un *revenimiento cortante* y la prueba debe repetirse. Si persiste el revenimiento cortante, como puede ser el caso con mezclas ásperas, será una señal de falta de cohesión de la mezcla.

En una mezcla pobre con tendencia a la aspereza, el desplome puede cambiar fácilmente al cortante o incluso colapsarse, y puede obtenerse valores muy diferentes de revenimiento en varias muestras de la misma mezcla; por lo tanto, la prueba no es confiable con mezclas pobres. (Neville,1998)

#### **2.1.3.4 SEGREGACIÓN.**

La segregación se define como “la separación de los componentes de una mezcla heterogénea, de modo que su distribución ya no es uniforme. En el caso del concreto, la causa principal de segregación es la diferencia en el tamaño de las partículas (y en ocasiones la gravedad específica de los componentes de la mezcla). Estas diferencias pueden controlarse con una gradación adecuada y con un manejo cuidadoso”. (Neville,1998)

Hay dos formas de segregación. En la primera, las partículas más gruesas tienden a separarse, ya que en comparación con las partículas mas finas, se desplazan más en una pendiente o se asientan. La segunda forma, que se da principalmente en mezclas más húmedas, es la separación de la lechada (cemento más agua)

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. (Pasquel,1998)

#### **2.1.3.5 EXUDACIÓN.**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está

gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar.

Esta influenciado por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de éste y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 10, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

Otra causa para que se produzca la Exudación, también es el exceso del proceso de compactación o de vibración.

#### **2.1.4 CONCRETO ENDURECIDO**

“La resistencia del concreto a la compresión es comúnmente considerada como la característica más valiosa aunque en muchos casos son otras, como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad de volumen, las que pueden ser importantes. Sin embargo, la resistencia a la compresión suele dar un panorama general de calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta del cemento.” (Neville,1998)

##### **2.1.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION**

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

#### 2.1.4.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA RESISTENCIA

La resistencia del concreto depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar principalmente en términos de la relación agua/cemento en peso.

“La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.” (Pasquel,1998)

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

#### 2.1.4.3 PRUEBAS DE COMPRESION

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

**Tabla 2.7 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días**

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: “Diseño de estructuras de concreto armado”(Hansen,1995).

#### **PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

Se realiza a través del ensayo de un cilindro estándar, cuya altura deberá ser siempre el doble del diámetro. El espécimen debe permanecer en el molde 20 +/- 4 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo este periodo puede alterarse si se especifica, durante la prueba el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de 2.45 Kg./cm<sup>2</sup>/s. La resistencia a la compresión ( $f'c$ ) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. Este procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM C-192-90a y C-39-93a

Actualmente la norma ASTM C-39-93 permite utilizar los resultados de ensayos a compresión de probetas no estándar siempre que se les aplique factores de corrección. Los factores de corrección se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 2.8 Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones  $h/d$** 

Relación	2.00	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00	0.75	0.50
$h/d$								
A	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.70	0.50
B	1.00	1.02	1.04	1.06	1.11	1.18	1.43	2.00

Fuente: Norma ASTM C-39-93<sup>a</sup>.*Donde:* $h$  : *Altura de la probeta ensayada* $d$  : *Diámetro de la probeta ensayada* $A$  : *Factor de corrección de resistencia de la probeta ensayada* $B$  : *Razón entre la resistencia de la probeta ensayada y del cilindro estándar*

Los factores de corrección antes mencionados se aplican a concretos ligeros de 1600 a 1920 Kg./m<sup>3</sup> y a concretos normales con resistencia a la compresión entre 140 Kg./cm<sup>2</sup> y 420 Kg./cm<sup>2</sup>.

Del mismo modo, existen factores de corrección para las probetas que aun teniendo la misma relación  $h/d$  que la probeta estándar de 6" x 12" no tiene las dimensiones de esta. Esto se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 2.9 Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto**

Dimensiones del Cilindro (cm.)	f'c cilindro/f'c estándar
5 x 10	1.09
7.5 x 15	1.06
15 x 30	1.00
20 x 40	0.96
30 x 60	0.91
45 x 90	0.86
60 x 120	0.84
90 x 180	0.82

Fuente: “Diseño de estructuras de concreto armado”(Hamsen,1995).

#### **2.1.4.4 DURABILIDAD, PERMEABILIDAD Y ESTABILIDAD DE VOLUMEN.**

**Durabilidad.-** El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades ya que durante el tiempo deservicio podrían disminuir o perder su capacidad estructural. Por tanto se define como concreto durable a aquel que puede resistir en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales están sometidos.

**Permeabilidad.-** La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la re-

saturación, al ataque de sulfatos, otros productos químicos y a la penetración del ión cloruro.

La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto. La permeabilidad de la pasta depende de la relación Agua - Cemento y del grado de hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un concreto de baja permeabilidad requiere de una relación Agua - Cemento baja y un periodo de curado húmedo adecuado. Inclusión de aire ayuda a la hermeticidad aunque tiene un efecto mínimo sobre la permeabilidad, aumenta con el secado.

Las relaciones Agua - Cemento bajas también reducen la segregación, contribuyendo adicionalmente a la hermeticidad. Para ser hermético, el concreto también debe estar libre de agrietamientos y de celdillas.

*Estabilidad de Volumen.*- El concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen debido a variaciones en la temperatura. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de aproximadamente 0.01% hasta 0.08%. En el concreto endurecido los cambios de volumen por temperatura son casi iguales como para el acero. El coeficiente de dilatación térmica del concreto varía con la calidad del concreto y con su edad, su valor oscila entre  $9.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  y  $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$



El concreto que se mantiene continuamente húmedo se dilata ligeramente. Cuando se permite que seque, el concreto se contrae. El principal factor que influye en la magnitud de la contracción por el secado aumenta directamente con los incrementos del contenido de agua. La magnitud de la contracción también depende de otros factores, como las cantidades de agregado empleado, las propiedades del agregado, tamaño y forma de la masa de concreto, temperatura y humedad relativa del medio ambiente, método de curado, grado de hidratación, y tiempo. El contenido de cemento tiene un efecto mínimo a nulo sobre la contracción por secado para contenidos de cemento entre 280 y 450 Kg. por metro cúbico.

Cuando el concreto se somete a esfuerzo, se deforma elásticamente. Los esfuerzos obtenidos resultan en una deformación adicional llamada fluencia. La velocidad de la fluencia (deformación por unidad de tiempo) disminuye con el tiempo.

### 2.1.5 DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

Los Parámetros básicos para el diseño de mezclas del concreto es *El principio de los volúmenes absolutos* .

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el calculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se este adoptando que usualmente es un metro cúbico.

### 2.1.5.1 METODO DE ACI

El comité 211 de ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en tablas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar. (Rivva,2010)

Independientemente que las características finales del concreto, sean indicadas en las especificaciones o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- ) Selección de la resistencia promedio.
- ) Selección del tamaño máximo nominal del agregado

- ) Selección del asentamiento.
- ) Selección del volumen unitario del agua.
- ) Selección del contenido de Aire
- ) Selección de la relación agua cemento.
- ) Determinación del factor cemento.
- ) Determinación del contenido agregado grueso
- ) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos, de cemento, agua, aire y agregado grueso.
- ) Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- ) Determinación del peso seco del agregado fino.
- ) Determinación de los valores de diseño
- ) Corrección por humedad y absorción del agregado

Determinación de la proporción en peso de diseño y de obra

#### **2.1.5.2 MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**

Este método logra que la relación de agregados grueso-fino se modifique en relación al contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de esta.

Staton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de concreto de la universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto en el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor

combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones de obra. (Rivva López, 2010)

## 2.2 ADITIVOS

### 2.2.1 DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES

Una aditivo es un material distinto al agua, agregados y cemento hidráulico que se usa como ingrediente en concretos o morteros y se añaden a la mezcla durante su preparación.

Los aditivos pueden ser usados para modificar las propiedades del concreto en tal forma que lo haga más adecuado para las condiciones de trabajo o por economía. Se debe usar un aditivo solamente después de una evaluación adecuada de sus efectos que demuestre efectividad en ese concreto en particular y bajo las condiciones en que se intenta usarlo.

En general los aditivos se definen del modo siguiente: productos que son agregados en menos del 5% del peso del cemento en el momento del amasado de los morteros o concretos, cuando todavía se hallan frescos mejora algunas de sus propiedades.

Los aditivos son utilizados como componentes del concreto, los cuales se añaden durante el mezclado a fin de:

- ) Modificar una o alguna de sus propiedades, a fin de permitir que sean mas adecuados al trabajo que se esta efectuando.

- ) Facilitar su colocación
- ) Reducir costos de operación.

En la decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse:

- ) Su utilización puede ser la única alternativa para lograr resultados deseados.
- ) Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

### 2.2.2 TIPOS Y USOS

Los aditivos podrían clasificarse de acuerdo a las modificaciones que aportan al hormigón: aditivos, que modifican las propiedades física, las propiedades químicas, o las propiedades físico – mecánicas. Podría así hacerse una distinción según su composición química, su aspecto (líquido, pastoso, en polvo, etc.).

De acuerdo al informe del comité N° 212 del “American Concrete Institute”, de 1963, clasifican a los aditivos en 15 grupos (“Journal Of American Concrete Institute” N° 11, noviembre, 1963). En esos grupos se hallan comprendidos los polvos minerales finamente divididos, inertes o puzolánicos, los colorantes, los generadores de gases, los productos expansivos, los reductores de expansión en el caso de la reacción árido – álcalis. Los aditivos deben cumplir las especificaciones de la “American Society for Testing Materials” (ASTM). Esta Asociación, por otra parte los ha clasificado en cinco tipos (C 494 63 T, junio, 1963):

- Tipo A : Reductor de Agua;
- Tipo B : Retardador;

- Tipo C : Acelerador;
- Tipo D : Reductor de Agua, de efecto retardador;
- Tipo E : Reductor de Agua, de efecto acelerador.

Entre las principales razones del uso de aditivos, para modificar las propiedades del concreto no endurecido, se puede mencionar:

- ) Reducción en el contenido de agua de la mezcla.
- ) Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- ) Reducción, incremento o control del asentamiento.
- ) Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- ) Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- ) Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- ) Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- ) Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción de la magnitud de este durante el endurecimiento inicial.
- ) Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.

- ) Incremento en la durabilidad, incluyendo su resistencia a condiciones severas de exposición.
- ) Disminución en la permeabilidad del concreto.
- ) Control de la expansión debida a la reacción álcali – agregados.
- ) Incremento en las adherencias acero – concreto, y concreto antiguo – concreto fresco.
- ) Incremento en las resistencias al impacto y/o a la abrasión.
- ) Control de la corrosión de los elementos metálicos embebidos en el concreto.
- ) Producción de concretos o morteros celulares.
- ) Producción de concretos o morteros coloreados.

*Los aditivos retardadores*, se usan para retardar tanto el fraguado del concreto como los aumentos de temperatura. Los aditivos retardadores son particularmente útiles para grandes coladas donde pueden presentarse grandes incrementos de temperatura. También prolongan la plasticidad del concreto, permitiendo mejorar el mezclado o adherencia entre coladas sucesivas.

*Los aditivos inclusores de aire*, se usan principalmente para incrementar la resistencia del concreto al congelamiento y descongelamiento, y proporcionan mejor resistencia al deterioro causado por las sales descongelantes. Los agentes inclusores de aire ocasionan la formación de espuma en el agua de mezclado, resultando millones de burbujas de aire estrechamente separadas que se incorporan al concreto. Cuando el concreto se congela, el agua penetra en las burbujas, aliviando la presión sobre el concreto. Cuando el concreto se descongela, el agua puede salir de las

burbujas gracias a lo cual se da un menor agrietamiento al que se hubiera dado sin usar el aire atrapado.

*La adición de aditivos acelerantes*, aceleran el desarrollo de su temprana resistencia. Los resultados de tales adiciones (particularmente útiles en climas fríos) son los tiempos reducidos requeridos para el curado y protección del concreto así como el pronto retiro del encofrado.

*Los súper plastificantes*, permite a los ingenieros reducir considerablemente el contenido de agua en los concretos y al mismo tiempo incrementar sus revenimientos. Aunque los súper plastificantes pueden también usarse para mantener proporciones de agua-cemento constantes usando menos cemento, son más comúnmente usados para producir concretos manejables con resistencias considerablemente superiores aunque con una misma cantidad de cemento.

*Los impermeabilizantes*, se aplican a las superficies endurecidas de concreto, pero pueden agregarse también a las mezclas de concreto. Pueden ayudar a retardar la penetración del agua en los concretos porosos, pero probablemente no ayudan mucho a los concretos densos, bien curados.



**Tabla 2.10 Especificaciones para los tipos de aditivos**

Propiedad	Tipo A, reducción de Agua	Tipo B, retardo	Tipo C, aceleración	Tipo D, reducción de agua y retardo	Tipo E, reducción de agua y aceleración	Tipo F, Reducción de agua, alto rango	Tipo G Reducción de agua, alto rango, y retardo
Contenido de agua, máximo porcentaje de control	95	-	-	95	95	88	88
Tiempo de fraguado, desviación permisible del control, mín.							
Inicial:	-	60 después	60 antes	60 después	60 después	-	60 después 210 después
No mas de:	60 antes, ni 90 después	210 después	210 antes	210 después	210 antes	60 después ni 90 después	210 después
Final	-	-	60 antes	-	60 antes	-	
No mas de:	60 antes, ni 90 después	210 después	-	210 después	-	60 después ni 90 después	210 después
Resistencia compresiva porcentaje mínimo de control							
1 día	-	-	-	-	-	140	125
3 días	110	90	125	110	125	125	125
7 días	110	90	100	110	110	110	115
28 días	110	90	100	110	110	110	110
6 meses	100	90	90	100	100	100	100
1 año	100	90	90	100	100	100	100
Resistencia a la flexión, porcentaje mínimo de control							
3 días	100	90	110	100	110	110	110
7 días	100	90	100	100	100	100	100
28 días	100	90	90	100	100	100	100
Cambio de longitud, contracción de fraguado máxima (requerimientos alternativos)							
Porcentaje de control	135	135	135	135	135	135	135
Incremento sobre el control	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Factor de durabilidad 80 relativa, mín.	80	80	80	80	80	80	80

La resistencia compresiva y de flexión del concreto que contiene la mezcla bajo prueba en cualquier etapa no debe ser menor del 90% que la obtenida en cualquier etapa previa. El objetivo de este límite es que la resistencia a la tracción compresiva del concreto que contiene la muestra bajo una prueba no disminuirá con la edad.

En los requerimientos alternativos, el porcentaje del límite de control se aplica cuando el cambio de longitud de control es menor que 0.030 % o mayor; el aumento sobre el límite de control se aplica cuando el cambio de longitud de control es menor que 0.030%.

Este requerimiento se aplica solo cuando la mezcla se va a usar en concreto con arrastre de aire, el cual se puede exponer a congelamiento y deshielo mientras este mojado.

Fuente: Norma ASTM 494-82.

### 2.2.3 Aditivos Retardantes de Fragua y Reductores de Agua.

*Los aditivos Retardantes* tienen como objetivo incrementar el tiempo de endurecimiento normal del concreto, con miras de disponer de un período de plasticidad mayor que facilite el proceso constructivo.

Los materiales empleados en este tipo de aditivos están dentro de las cinco siguientes categorías generales:

- ) Acido lignosulfónico y sus sales
- ) Modificaciones y derivados del acido lignosulfónico
- ) Acido hidroxilar carboxílico y sus sales.
- ) Modificaciones y derivaciones del acido hidroxilar carboxílico y sus sales.
- ) Los azucares y sus compuestos (glucosas, sacarosas, almidón, celulosa).

Su uso principal se efectúa en los siguientes casos:

- ) Vaciados complicados y/o voluminosos, donde la secuencia de colocación del concreto provocaría juntas frías si se emplean mezclas con fraguados normales.
- ) Vaciados en climas calidos, en que se incrementa la velocidad de endurecimiento de las mezclas convencionales.
- ) Bombeo a largas distancias para prevenir atoros.
- ) Transporte de concreto en Mixers a largas distancias.

- J Mantener el concreto plástico en situaciones de emergencia que obligan a interrumpir temporalmente los vaciados, como cuando se malogra algún equipo o se retrasa el suministro de concreto.

*Los aditivos Reductores de Agua* son compuestos orgánicos e inorgánicos, que permiten emplear menor agua de la que se usaría en condiciones normales en el concreto, produciendo mejores características de trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la relación agua/cemento.

Trabajan en base al llamado efecto de superficie, en que crean una interfase entre el cemento y el agua en la pasta, reduciendo las fuerzas de atracción entre las partículas, con lo que se mejora el proceso de hidratación.

Usualmente reducen el contenido de agua por lo menos en un 5% a 10%.

Tienen una serie de ventajas como son:

- J Economía, ya que se puede reducir la cantidad de cemento.
- J Facilidad en los procesos constructivos, pues la mayor trabajabilidad de las mezclas permite menor dificultad en colocarlas y compactarla, con ahorro de tiempo y mano de obra.
- J Trabajo con asentamientos mayores sin modificar la relación agua/cemento.
- J Mejora significativa de la impermeabilidad.
- J Posibilidad de bombear mezclas a mayores distancias sin problemas de atoros, ya que actúan como lubricantes, reduciendo la segregación.

En general, la disminución de asentamientos en el tiempo es algo más rápida

que en el concreto normal, dependiendo principalmente de la temperatura de la mezcla.

Las sustancias mas empleadas para fabricarlos son los lignosulfonados y sus sales, modificaciones y derivados de ácidos lignosulfonados, ácidos hidroxilados carboxílicos y sus sales, carbohidratos y polioles, etc. La dosificación normal oscila entre el 0.2% al 0.5% del peso del cemento, y se usan diluidos en el agua de la mezcla.

### 2.3 NANOTECNOLOGIA

La palabra "nanotecnología" se usa extensivamente para definir las ciencias y técnicas que se aplican al nivel de nanoescala, esto es, medidas extremadamente pequeñas, "nanos" que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos. En síntesis conduciría a la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas. Un nanómetro equivale en escala a la billonésima parte de un metro.

(1 nm =  $1 \times 10^{-9}$ ) En la tabla se presentan algunas equivalencias del nanómetro.

*Tabla 2.11 Otras equivalencias del nanómetro*

- **Milímetro: 1 mm = 1 000 000 nm**

---

- Micrómetro: 1  $\mu\text{m}$  = 1000 nm
- Angstrom: 1  $\text{Å}$  = 1/10 nm
- Picómetro: 1 pm = 1/1000 nm

Fuente: Nanociencia (Feynman,1959).

El desarrollo de esta disciplina se produce a partir de las propuestas de Richard Feynman, quién es considerado el padre de la "nanociencia", premio Nobel de

Física, quién en 1959 propuso fabricar productos en base a un reordenamiento de átomos y moléculas. El gran físico escribió un artículo que analizaba cómo las computadoras trabajando con átomos individuales podrían consumir muy poca energía y conseguir velocidades asombrosas.

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala. Cuando se manipula la materia a la escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas (Díaz del Castillo, 2012). Cuando se manipula la materia a la escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

Gracias a la naturaleza de la nanotecnología, las recientes aplicaciones y productos creados a partir de ella suelen tener soluciones innovadoras a problemas no resueltos anteriormente, o bien, ofrecer mejores resultados con un nivel de precisión o duración mayor. Hablar de un producto a base de nanotecnología, es hablar de soluciones “inteligentes”.

Expertos en economía y negocios ya lo han declarado en fechas anteriores; las cifras alrededor del mundo en inversión por esta industria, los nuevos centros de investigación, planes de estudio, institutos, etc., son sólo una muestra del impulso que día a día crece. En la actualidad, ya son diversos los “nano-productos” tanto en tiendas especializadas como en canales más accesibles y la

misma publicidad cotidiana.

### **Definición y clasificación de los nanomateriales**

Los nanomateriales son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión. A pesar del hecho de que no hay consenso sobre el tamaño mínimo o máximo de un nanomaterial, algunos autores restringen su tamaño de 1 a 100 nm, una definición lógica situaría la nanoescala entre la microescala (1 micrómetro) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0.2 nanómetros).

La idea es sencilla, muchas de las propiedades de los materiales dependen de cómo se comporten los electrones que se mueven en su seno o de cómo estén ordenados los átomos en la materia. En un material nanométrico, el movimiento de los electrones está muy limitado por las dimensiones del propio material. Además la proporción de átomos en la superficie con respecto al interior es con mucho, más alta que en materiales de tamaño más elevado. Por consiguiente, si se reducen las dimensiones de un material, se modifican sus propiedades y en consecuencia se pueden diseñar materiales con propiedades a la carta.

La Agencia del Medio Ambiente (EPA) de EUA ha clasificado los nanomateriales actuales en cuatro tipos, a saber:

#### **Basados en carbono**

Estos nanomateriales están compuestos mayoritariamente por carbono y suelen adoptar formas como esferas huecas, elipsoides o tubos. Los nanomateriales de carbono con forma elipsoidal o esférica se conocen como fullerenos, mientras que los cilíndricos reciben el nombre de nanotubos. Estas partículas tienen muchas aplicaciones posibles, incluido el desarrollo de recubrimientos y películas mejoradas, materiales más ligeros y resistentes y diversas

aplicaciones en el campo de la electrónica.

### **Basados en metales**

Estos nanomateriales incluyen puntos cuánticos, nanopartículas de oro y plata y óxidos metálicos como el dióxido de titanio.

### **Dendrímeros**

Estos nanomateriales son polímeros de tamaño nanométrico construidos a partir de unidades ramificadas. La superficie de un dendrímero tiene numerosos extremos de cadena, que se pueden adaptar para desempeñar funciones químicas específicas. Esta propiedad se podría utilizar también para la catálisis. Además, debido a que los dendrímeros tridimensionales contienen cavidades interiores en las que se pueden introducir otras moléculas, pueden ser útiles para la administración de fármacos.

### **Compuestos**

Los compuestos combinan las nanopartículas con otras nanopartículas o con materiales de mayor tamaño. Las nanopartículas, como arcilla a nanoescala, ya se están añadiendo a numerosos productos, desde piezas de automóviles a materiales de empaquetado, para mejorar sus propiedades mecánicas, térmicas, protectoras, etc.

### **Aspectos innovadores**

El aspecto innovador de los materiales carbonosos de escala nanométrica, fullerenos y nanotubos, reside en que reúnen las siguientes propiedades:

1. Habilidad para trabajar a escala molecular, átomo a átomo. Esto permite crear grandes estructuras con fundamentalmente nueva organización molecular.
2. Son materiales de "base", utilizados para la síntesis de nano estructuras vía auto ensamblado.

3. Propiedades y simetría únicas que determinan sus potenciales aplicaciones en campos que van desde la electrónica, formación de composites, almacenamiento de energía, sensores o biomedicina.

### **Nanomateriales basados en carbono**

El carbono es el elemento químico más estudiado. Resulta fundamental en biología y medicina, pero también en la producción de energía y la conservación del medio. A través de sus compuestos, forma parte de numerosos materiales de gran importancia en nuestra vida cotidiana.

La síntesis del carbono en las estrellas constituye una etapa básica del ciclo por el cual se forman muchos otros átomos. Durante largo tiempo se consideró que el carbono puro, a temperatura y presión ambiente, existía en forma de dos tipos de materiales: El grafito, que utilizamos en las minas de los lápices, constituido por láminas apiladas fáciles de separar, y el diamante, de estructura cúbica cristalina. Se sabe que el grafito es ligeramente más estable que el diamante. No es frecuente que existan materiales con características muy distintas formados por el mismo elemento químico. Resulta por ello bastante sorprendente que la investigación científica durante el último tercio del siglo XX y los años que llevamos del XXI haya descubierto aún más formas de carbono en la naturaleza, como se observa en la línea del tiempo de la Figura 6. En los años setenta del siglo pasado se estudiaron los compuestos intercalares de grafito. Constan de láminas muy finas de grafito, que pueden ser superconductoras, entre capas de otros materiales. También en los setenta se estudiaron de forma intensiva polímeros como el poliacetileno, que puede considerarse una cadena muy larga de átomos de carbono, con algunos enlaces saturados con hidrógeno.



En los noventa se descubrieron los nanotubos de carbono, láminas muy finas de grafito enrolladas en forma de tubo. Finalmente, a principios del presente siglo, se demostró que podían aislarse y manipularse láminas de grafito con un espesor de un solo átomo: El grafeno.

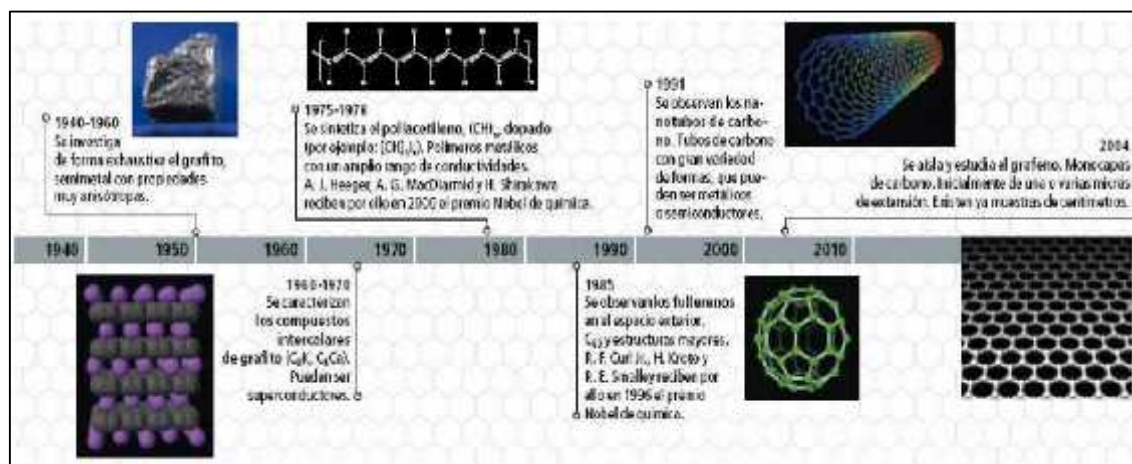


Grafico 2 El versátil carbono (Díaz del Castillo, 2012)

## 2.4 GRAFENO

### 2.4.1 DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES

La aparición del grafeno no es tan sorprendente en el ámbito científico. Las últimas dos décadas el avance constante de la nanotecnología ha estimulado la generación de un sinnúmero de materiales con propiedades sorprendentes. La idea fuerza de la nanotecnología, verificada una y otra vez, es que al reducir el tamaño de los materiales a escala nanométrica (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro) sus propiedades físicas y químicas varían notablemente respecto al mismo material pero de mayor tamaño. Estos objetos, de masa tan reducida y dimensiones de entre 1-100 nanómetros de denominan desde entonces nanomateriales. Algunos ejemplos notables de nanomateriales son los nanotubos de carbono, puntos cuánticos de semiconductores, nanofibras, nanoesferas metálicas, nanocintas, etc. (Gutarra, 2012)

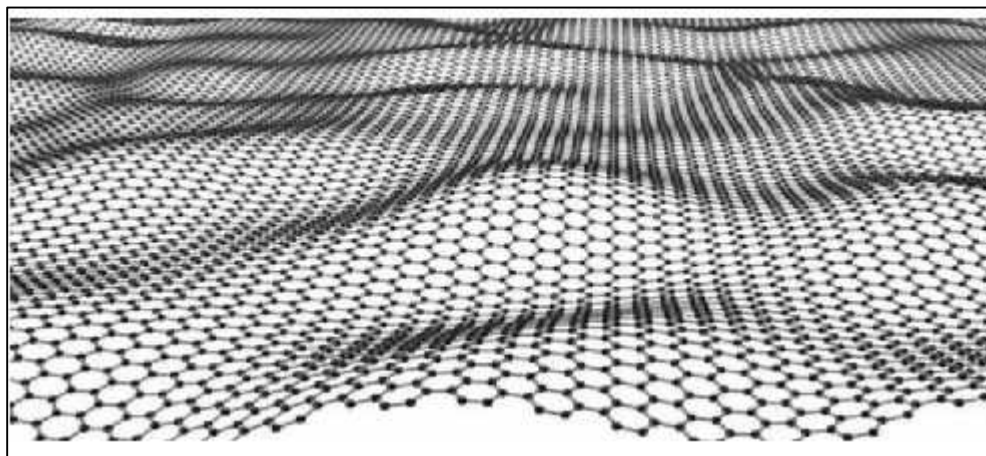
Por estas propiedades, las perspectivas tecnológicas del grafeno son muy amplias, su fortaleza es la multifuncionalidad, porque no sólo reúne propiedades que normalmente se encuentran en diferentes materiales sino que las mejora significativamente.

Desde este punto de vista, el ascenso del grafeno no será por una vía libre de obstáculos, por el contrario, deberá superar materiales cuyos procesos de fabricación (rendimiento, escalamiento, precio) y calidad (pureza, dimensiones, durabilidad) se han consolidado los últimos 50 años. (Gutarra, 2012)

En el año 2004 se descubrió el grafeno. Mejor dicho, se aisló por primera vez del grafito, el mismo de las minas del lápiz de mesa, salió casi por casualidad una fina lámina (tan delgada que tiene un átomo de espesor) con la ayuda de una vulgar cinta aislante. Sin embargo, la ciencia no entiende de casualidades, así que el material se caracterizó, se vieron sus propiedades y aplicaciones. Fibra óptica y computadoras decenas de veces más rápidas, paneles solares o sensores de todo tipo son algunas de las posibilidades que ofrece de este material fino, resistente, flexible, transparente y superconductor por citar algunos de sus prodigios. El grafeno es un alótropo del carbono, una hojuela bidimensional cuasi plana formada por una red hexagonal de átomos de carbono dando la apariencia de un panal de abejas. Presenta reacciones químicas con otras sustancias para producir compuestos de diferentes propiedades. Esto lo dota de gran potencial de desarrollo (Saldivar, 2012).

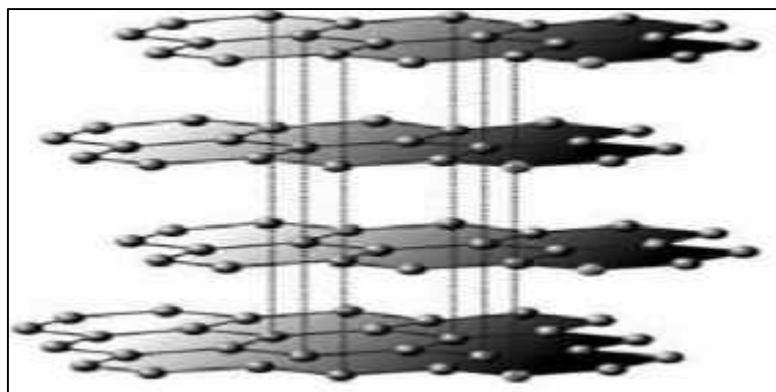
El nombre proviene de grafito + eno. En realidad, la estructura del grafito puede considerarse como una pila de un gran número de láminas de grafeno superpuestas. Los enlaces entre las distintas capas de grafeno apiladas se debe a

fuerzas de Van der Waals e interacciones entre los orbitales de los átomos de carbono. En la Figura se observa una membrana de grafeno.



*Grafico 3 Estructura de una membrana de grafeno desarrollada por la Universidad de Berkeley. (Saldivar, 2012).*

En el grafeno, la longitud de los enlaces carbono-carbono es de aproximadamente 1.42 Å. Es el componente estructural básico de todos los demás elementos gráfiticos incluyendo el grafito, los nanotubos de carbono y los fulerenos. Esta estructura también se puede considerar como una molécula aromática extremadamente extensa en las dos direcciones del espacio, es decir, sería el caso límite de una familia de moléculas planas de hidrocarburos aromáticos policíclicos llamada grafenos. En la Figura 8 se presenta al grafito conformado por capas de grafeno.



*Grafico 4 Grafito, formado por capas de grafeno que interaccionan débilmente entre sí.*

*(Saldivar, 2012).*

El grafeno es un material bidimensional que cuenta con sólo un átomo de grosor. Su estructura laminar plana de grafito está compuesta de átomos de carbono que forman una red hexagonal. Su apariencia puede parecer frágil y delicada ya que a simple vista el grafeno es como una tela transparente y flexible. Sin embargo, se trata de un material extremadamente resistente que además sirve de conductor de la electricidad. Cada una de esas capas de carbono, esté o no integrada al grafito, es una capa de grafeno y su espesor es tal que un solo gramo bastaría para cubrir totalmente un campo de fútbol.

El hallazgo del grafeno fue, sin lugar a dudas, algo sorprendente. Hasta ese momento, tanto la teoría como el experimento indicaban que no era posible la existencia de estructuras cristalinas bidimensionales desligadas del cristal volumétrico. Los cálculos indicaban que tal estructura sería inestable, y que tendría que colapsar para formar una estructura tridimensional normal.

A partir del descubrimiento comenzó una intensa investigación acerca de las propiedades del grafeno. Su alta transparencia óptica y gran conductividad eléctrica lo hacen un buen candidato para la confección de electrodos transparentes, aplicables a dispositivos tales como pantallas de cristal líquido, celdas fotoeléctricas orgánicas y

diodos orgánicos emisores de luz. Su flexibilidad y alta resistencia mecánica también resultan ventajosas en comparación con las de otros materiales que se utilizan en la microelectrónica. Otra posible aplicación podría ser la confección de ultracondensadores, con una capacidad de almacenar carga eléctrica y energía mucho mayores que las de los existentes hasta el momento.

### **Propiedades**

Entre las propiedades más destacadas de este material se incluyen:

- ) Alta conductividad térmica y eléctrica.
- ) Alta elasticidad y dureza.
- ) Resistencia (200 veces mayor que la del acero).
- ) El grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades, lo que dota a este material de gran potencial de desarrollo.
- ) Soporta la radiación ionizante.
- ) Es muy ligero, como la fibra de carbono, pero más flexible.
- ) Menor efecto Joule; se calienta menos al conducir los electrones.
- ) Consume menos electricidad para una misma tarea que el silicio.
- ) Genera electricidad al ser alcanzado por la luz.

## CAPITULO III.

### METODO DE INVESTIGACION

#### 3.1 MATERIALES UTILIZADOS Y SU COMPOSICION

##### 3.1.1 CEMENTO

El cemento clasificado por la ASTM C150 como cemento puzolánico IP, es el que se ha utilizado para la presente investigación, marca RUMI con 25% de puzolana, cuyas principales características son presentadas a continuación:

##### A.- MATERIAS PRIMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

PIEDRA CALIZA.- La piedra caliza utilizada en la fábrica de Cemento Sur se extrae de las zonas de cantera a cielo abierto, por voladuras con dinamita, los análisis completos de este material se presentan a continuación:

*Tabla 3.1 Composición química de la piedra caliza*

PIEDRA CALIZA				
COMPONENTE	BLANCO	GRIS CLARO	GRIS OSCURO	AMARILLO
SiO <sup>2</sup>	1.4	7.12	0.16	2.98
Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	0.04	0.92	0.16	0.24
Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	0.16	0.88	0.48	1.04
CaO	53.16	50.25	53.87	52.26
MgO	1.4	1.00	0.80	1.00

SO <sup>3</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Loss	43.06	40.05	43.04	42.08

Fuente: Norma ASTM C150.

ARCILLA.- La arcilla utilizada en Cemento Sur se extrae de la cantera ubicada a 1Km. De la planta junto a la casa hacienda perteneciente a la empresa. El análisis realizado a la arcilla presenta los siguientes resultados:

**Tabla 3.2 Composición química de la arcilla**

COMPONENTE	PORCENTAJE %
SiO <sup>2</sup>	58
Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	15.44
Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	5.12
CaO	5.44
MgO	2.68
SO <sup>3</sup>	0.18
Loss	10.38

Fuente: Norma ASTM C150.

YESO.- La proporción de yeso utilizado es alrededor de 3%, que proporciona un 45% de SO<sub>3</sub> (Sulfoaluminato). El yeso utilizado por la fábrica se extrae de una zona ubicada en el Distrito de Samán.

PUZOLANA.- La puzolana es un material de adición para la fabricación del cemento tipo IP. Es un material de coloración blanca, una arcilla que se caracteriza por su elevado contenido de sílice, este material es extraído de la zona denominada Vizcachani ubicado a 1.5Km. de la planta.

El análisis realizado a este material presenta los siguientes resultados:

**Tabla 3.3 Composición química de la puzolana**

COMPONENTE	PORCENTAJE	TABLA
SiO <sup>2</sup>	59.02	De 43 a 73
Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	20.28	De 10 a 20

Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	2.08	De 1 a 14
CaO	2.33	
MgO	1.16	
SO <sup>3</sup>	0.02	
Loss	2.40	

Fuente: Norma ASTM C150.

ÓXIDO DE HIERRO.- La cantidad empleada de este mineral es de 6 ton. por silo. Este mineral se extrae del lugar denominado Antuñani ubicado en el distrito de Paucarcolla.

**Tabla 3.4 Calidad fisico-química del cemento RUMI TIPO 1P**

Característica	Cemento tipo 1P		Normas	Porcentajes típicos para TIPO I.
	Clinker	Clinker+25% Puzolana		
Química				
SiO <sup>2</sup>	20.26	31.07	17 – 25	20 - 27
Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	5.4	8.36	3 – 8	4 – 7
Fe <sup>3</sup> O <sub>2</sub>	4.96	2.73	5 – 6	2 – 4
CaO	63.3	46.27	60 – 67	61 – 67
MgO	4.23	3.43	0.1 – 5.5	1 – 5
SO <sup>3</sup>	0.10	1.70	1 – 3	1 – 3
Loss	0.35			
CaO Libre	1.24			
C <sup>3</sup> S	55.73			33 - 55
C <sup>2</sup> S	14.41			18 – 35
C <sup>3</sup> A	5.93			7 – 14
C <sup>4</sup> AF	15.09			6 – 9

Fuente: Norma ASTM.

Característica	Cemento tipo 1P		Normas
	Clinker+25% Puzolana		
<b>Física</b>			<b>ASTM C-100</b>
Fineza M -100			
Fineza M -200			
Fineza M -325			10% máx.
S.E. Blaine			2800 min.
Densidad			
Exp. Autoclave			0.5% máx.
Consist. Normal			
Cont. De Aire			12% máx.
Falso Fraguado	61%		50% mín.
Vicat Inicial	2.10		45 minutos
Vicat final	4.2		7 horas máx.
Resist. A la			



Compresión.		
1 Día	42.63 Kg/cm <sup>2</sup> .	
3 Día	158.9 Kg/cm <sup>2</sup> .	85 Kg/cm <sup>2</sup> .
7 Día	247.98 Kg/cm <sup>2</sup> .	145 Kg/cm <sup>2</sup> .
28 Día	333.27 Kg/cm <sup>2</sup> .	240 Kg/cm <sup>2</sup> .
Fuente: Norma ASTM C-100.		

Interpretación:

- Los análisis del cemento IP RUMI, cumplen con las normas establecidas por las normas ASTM C-100, pero se ha observado que en su composición, el valor del Silicato tricálcico  $C_3S$ , es mucho mas alto que lo especificado, eso quiere decir, que su adquisición de la resistencia a la compresión, a mediano plazo será muy parecido al del cemento tipo I.

### 3.1.2 AGREGADOS

#### 3.1.2.1 EXTRACCION Y PREPARACION DE MUESTRAS

En la ASTM D75 y la NTP 400.010, nos proporcionan los procedimientos para la toma de muestra de diferentes materiales como roca, escoria, grava, gravilla, arena y llenante mineral. Distinguiéndose cuatro tipos de tomas de muestra como son:

- ) Muestreo tomado desde fajas transportadoras.
- ) Muestreo tomado desde flujo de descarga.
- ) Muestreo tomado desde depósitos apilados.
- ) Muestreo tomado en la vía.

Si se toman muestras de almacenamientos o depósitos apilados, se deberán diseñar un plan de muestreo. El número de muestras individuales depende del tamaño, uniformidad de la fuente de suministro y el objeto de la toma de muestras.

Los tamaños de la muestra requerida para los ensayos dependen del tipo de material, tamaño máximo nominal y de los ensayos a los cuales será sometido. De manera tentativa la norma nos proporciona la tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Tamaños de muestra requerida.**

Máximo tamaño nominal de agregados	Peso mínimo aproximado de muestras de campo (kg)
<b>Agregado Fino</b>	
N° 8	10
N° 4	10
<b>Agregado Grueso</b>	
3/8"	10
1/2"	15
3/4"	25
1"	50
1 1/2"	75
2"	100
2 1/2"	125
3"	150
3 1/2"	175

Fuente: Norma ASTM.

### 3.1.2.2 MUESTREO TOMADO DESDE DEPÓSITOS APILADOS

En esta investigación se utilizó este tipo de muestreo para los agregados fino y grueso, para el cual tomamos de referencia el plan de muestreo propuesto por Rodríguez (2012, p. 21).

) Identificar y detallar la información general de los agregados.

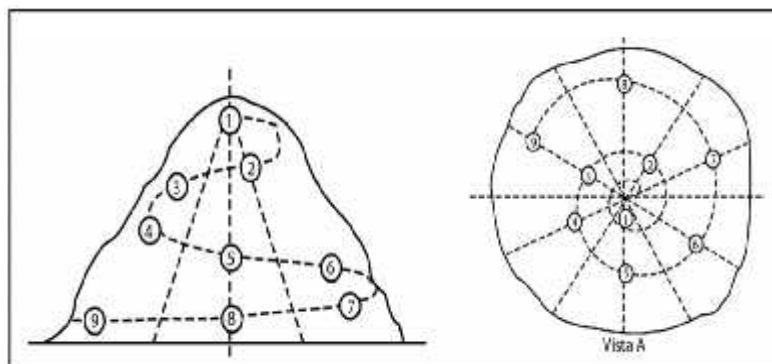
**Tabla 3.6. Información general de los agregados.**

	Agregado (Cantera Cutimbo)
Localización	Distrito de Laraqueri.
Cantidad Aproximada Disponible.	95,000 m <sup>3</sup>
Distancia de Acarreo.	23 km.
N° de muestras.	1
Tamaño de muestras	70 Kg.

FUENTE: Provias Nacional (2008).

) Inspeccionar visualmente para detectar variaciones perceptibles. Además de estimar la cantidad disponible del material.

Se tomara porciones aproximadamente iguales, de manera que representen los diferentes materiales perceptibles en la muestra, en forma helicoidal empezando en el punto más alto.



*Grafico 5 Diagrama de toma de muestras*

Por mezclaran todas las porciones formando una sola muestra.

Rotular la muestra, si va ser enviada a un laboratorio externo.

### 3.1.2.3 REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑO DE ENSAYO

Este método de prueba se refiere a reducir el volumen de las muestras de agregados a otro menor que sea representativo, a fin de obtener un tamaño adecuado para el empleo en técnicas de ensayos.

Las normas ASTM C702 y NTP 400.043 describen tres métodos:

**Divisor Mecánico.-** En el cual se hace uso de un divisor mecánico más conocido como bifurcador la cual se encarga de dividir la muestra en dos partes. Este método se puede repetir cuantas veces sea necesario hasta obtener el tamaño requerido.

) **Cuarteo.**- Donde la muestra es mezclada inicialmente, y se procede a apilar la muestra con ayuda de una pala o una lona. Luego se aplanan la pila hasta tener una circunferencia que tenga un diámetro de 4 a 8 veces del espesor; para poder dividir la muestra en cuatro cuadrantes y elegir dos cuadrantes opuestos. Este procedimiento también se puede repetir hasta que la muestra tenga el tamaño deseado.

) **Pilas Miniatura.**- Este muestreo solo se utiliza para el agregado fino húmedo, se mezcla el material volteándolo por tres veces, a continuación se procede a apilar la muestra con una manta de lona, aplanarla y seleccionar cinco incrementos en forma aleatoria.

En la preparación de las muestras de agregados para concreto, antes de realizar cualquier prueba o ensayo, es necesario para reducir el volumen de las muestras de agregados a otro menor que sea representativo.

El método utilizado para reducir las muestras en esta investigación, fue el del *cuarteo*; el procedimiento es simple y se detalla a continuación:

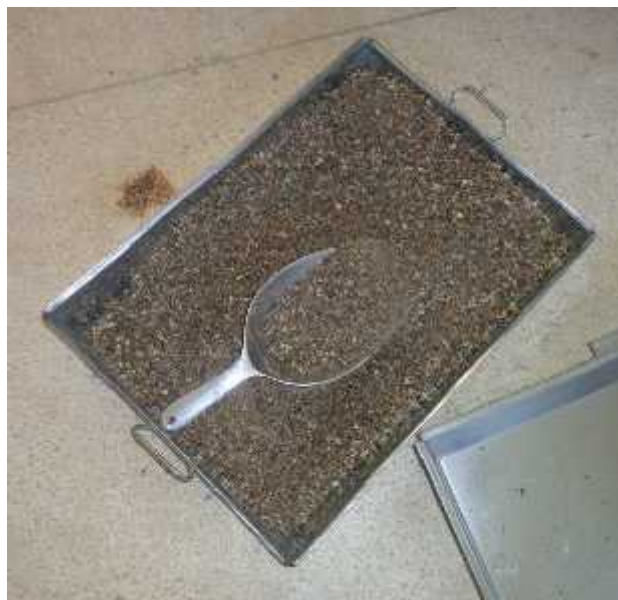
) En el laboratorio elija una superficie plana y limpia en donde se pueda depositar la muestra compuesta.

) Deposite la muestra y con la ayuda de una pala trate de mezclar todas las partículas del agregado, procediendo a hacer un montículo, posteriormente aplánelo del centro del montículo hacia la periferia.

) Divida el material en cuatro partes iguales, seleccione dos muestras diametralmente opuestas y sepárelas del resto del material.



*Gráfico 6 Cuarteo de agregado grueso*



*Gráfico 7 Selección de agregado fino*

) Se puede repetir este procedimiento hasta tener la cantidad de muestra apropiada para cada una de las muestras.

### 3.1.2.4 CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO

Ya que nuestros agregados se encuentran a la intemperie, a las acciones del aire y del agua, por ese motivo contienen cierta cantidad de agua en sus partículas, considerando esto último como humedad en los agregados. El estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de las siguientes cuatro condiciones:

- ) Seco, es aquella en la que toda la humedad ha desaparecido, generalmente por calentamiento a 100°C, el agregado en esta condición es totalmente absorbente.
- ) Semiseco, o secado al ambiente, que es aquella condición en la cual no hay humedad superficial sobre las partículas, pero existiendo alguna humedad interna. El agregado todavía es ligeramente absorbente.
- ) Saturado superficialmente seco, que es aquella condición en la que no hay humedad superficial sobre las partículas, pero todos los poros están llenos de agua. El agregado no absorbe ni cede agua al concreto.
- ) Saturado o húmedo, es aquella condición en que el agregado se encuentra saturado y con agua libre o superficial sobre las partículas. Contienen exceso de humedad y si ceden agua al concreto.



*Grafico 8 Estado de humedad del agregado*

Según las normas ASTM C566 y NTP 339.185, este ensayo nos da la determinación

del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, ya que algunos agregados pueden contener agua que esta químicamente combinada con los minerales de los agregados. Dicha cantidad de agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinada por este método.

Las muestra representativas mínimas para este ensayo son:

**Tabla 3.7 Tamaños mínimos de muestra representativa.**

Máximo Tamaño Nominal del Agregado	Peso de Muestra De Agregado (kg)
Nº4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2"	8
2 1/2"	10
3"	13
3 1/2"	16
4"	25
6"	50

Fuente: Norma ASTM C566.

Los pesos de las muestras de los agregados fino y grueso, para este ensayo fueron:

) Agregado fino – Cantera Cutimbo : 640 gr.

#### a) Procedimiento

) Se anota el número de la tara y se pesa (T).

) Se vacía el agregado en la tara y pesa (T + A'h).

) Se pone a secar el agregado en el horno, hasta que se encuentre seco.

) Dejar enfriar la tara con el agregado.

) Se procede a pesar, la tara con el agregado seco (T + A's).

) Y por último se realiza los cálculos para determinar el contenido de agua.



Grafico 9 Determinando el contenido de humedad

**b) Cálculos y Resultados**

Para el cálculo del contenido de humedad de los agregados utilizamos la siguiente expresión:

$$w = \frac{(T + Ah) - (T + A)}{(T + A) - T} * 100$$

Los resultados de este ensayo, se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultados del Contenido de Humedad del agregado fino.

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	33.02	32.19	27.79
Peso de Tara + M. Humeda	306	256.35	303.56
Peso de Tara + M. Seca	295.33	247.76	292.83
Peso de Agua	10.67	8.59	10.73
Peso Muestra Seca	262.31	215.57	265.04
Contenido de humedad W%	4.07	3.98	4.05
Promedio cont. Humedad W%		<b>4.03</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.



*Tabla 3.9. Resultados del Contenido de Humedad del agregado grueso*

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	31.88	32.27	29.7
Peso de Tara + M. Humeda	824.35	877.02	775.03
Peso de Tara + M. Seca	805.62	857.11	757.16
Peso de Agua	18.73	19.91	17.87
Peso Muestra Seca	773.74	824.84	727.46
Contenido de humedad W%	2.42	2.41	2.46
Promedio cont. Humedad W%		<b>2.43</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3.1.2.5 PESO UNITARIO

PASQUEL (1998, p. 74) define al peso unitario como la división del peso de la partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

La norma ASTM C29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas ya sean estas sueltas o compactadas. Los valores obtenidos se emplean en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, por lo que inducen a errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen.

#### a) Procedimiento

- ) Seque la muestra de arena al sol y pésela en la balanza, anote el peso.
- ) Pese el recipiente vacío y empleando el cucharón tome la muestra de material y déjela caer dentro del recipiente desde una altura de 5cm. a partir de la superficie del recipiente, hasta llenarlo, evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos; después proceda a enrasar utilizando una regla metálica.

- ) Pese el recipiente ya con el material incluido y se registre su peso con aproximación de 5gr.
- ) Retire la arena del recipiente, cuidando de que no haya pérdida de material.
- ) Vuelva a tomar la muestra de arena y déjela caer dentro del recipiente desde una altura de 5cm. a partir de la superficie del recipiente, Llenando el recipiente en tres capas, dándole 25 golpes de varilla a cada capa; después proceda a enrasar utilizando la regla de 30cm.
- ) Pese el recipiente ya con el material incluido y se registre su peso con aproximación de 5gr.

**b) Cálculos y Resultados**

Los resultados acerca el peso unitario seco y compactado de los agregados, se muestran en las tablas.

*Tabla 3.10. Peso unitario seco del agregado fino.*

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	7340.00	7340.00	7340.00
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16090.00	16145.00	16080.00
PESO DE LA MUESTRA gr.	8750.00	8805.00	8740.00
VOLUMEN DEL MOLDE cm3,	5503.17	5503.17	5503.17
PESO UNITARIO Gr/Cm3,	1.590	1.600	1.588
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M3,		1593	
<b>PESO UNITARIO SECO KG/M3.</b>		<b>1593</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

*Tabla 3.11. Peso unitario compactado del agregado fino.*

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	7340.00	7340.00	7340.00
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16700.00	16635.00	16670.00
PESO DE LA MUESTRA gr.	9360.00	9295.00	9330.00
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	5503.17	5503.17	5503.17
PESO UNITARIO Gr/Cm3	1.70	1.68	1.69
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M3		1695	
<b>PESO UNITARIO SECO KG/M3</b>		<b>1695</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

*Tabla 3.12. Peso unitario seco del agregado grueso.*

<b>MOLDE NRO.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
PESO DEL MOLDE gr.	5035.00	5035.00	5035.00
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	26710.00	26540.00	26745.00
PESO DE LA MUESTRA gr.	21675.00	21505.00	21710.00
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup>	13600.00	13600.00	13600.00
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup>	1.594	1.581	1.596
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M <sup>3</sup>		1590	
<b>PESO UNITARIO SECO KG/M<sup>3</sup>.</b>		<b>1590</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

*Tabla 3.13. Peso unitario compactado del agregado grueso.*

<b>MOLDE NRO.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
PESO DEL MOLDE gr.	5035.00	5035.00	5035.00
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	27605.00	27315.00	27470.00
PESO DE LA MUESTRA gr.	22570.00	22280.00	22435.00
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup>	13600.00	13600.00	13600.00
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup>	1.660	1.638	1.650
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M <sup>3</sup>		1649	
<b>PESO UNITARIO SECO KG/M<sup>3</sup></b>		<b>1649</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3.1.2.6 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

Se conoce como análisis granulométrico a la acción de pasar al agregado fino o grueso por medio de unas mallas (también conocidas como cribas) y pesar la cantidad de partículas de agregado que quedan retenidas en cada una de las mallas y sacando el porcentaje retenido en cada una de estas con respecto de la muestra original.

Las mallas estándar de acuerdo a la ASTM son:

*Tabla 3.14. Mallas estándar ASTM.*

<b>Denominación Del Tamiz</b>	<b>Abertura En Pulgadas</b>	<b>Abertura en Milímetros</b>
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000

3/8"	0.3750	9.5000
N° 4	0.1870	4.7500
N° 8	0.0937	2.3600
N° 16	0.0469	1.1800
N° 30	0.0234	0.5900
N° 50	0.0117	0.2950
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

Fuente: Norma ASTM C136.

En la tabla 3.14. se da a conocer los tamaños de muestra mínimos, adoptado por las normas ASTM C136 y NTP 400.012.

Si la cantidad de material más fino que el tamiz N°200 es determinada por el método del ensayo de la norma ASTM C117, proceda como sigue:

- ) Para agregados con un tamaño máximo nominal de 1/2" pulgada o menor, use la misma muestra utilizada en el ensayo de la determinación de material más fino que el tamiz N°200.
- ) Para agregados con un tamaño máximo nominal mayor a 1/2", es posible utilizar muestras por separado.

*Tabla 3.15. Tamaño de muestra de agregados para el ensayo.*

<b>Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)</b>	<b>Tamaño de la Muestra De Ensayo, Mínima (kg)</b>
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35

3"	60
3 1/2"	100
4"	150
5"	300

Fuente: Norma ASTM.

Los pesos de las muestras de los agregados fino y grueso, para este ensayo fueron:

) Agregado fino – Cantera Cutimbo	:	3,092.59 gr.
) Agregado grueso – Cantera Cutimbo	:	10,799.02 gr.

**a) Procedimiento**

- ) Secar la muestra hasta obtener una masa constante.
- ) Colocar apropiadamente los tamices en orden decreciente de tamaño.
- ) Colocar la muestra desde la parte superior de los tamices.
- ) Agitar los tamices con la mano o por medios mecánicos.
- ) No cargar excesivamente ningún tamiz, use la tapa de los tamices.
- ) Determinar la masa del material retenido en cada tamiz al 0.1%.
- ) Sumar la masa de todos los incrementos individuales de tamaño y verifique que este resultado no varié en más del 0.3% de la masa de la muestra original.
- ) Si la masa fue lavada previamente, agregar la masa de material pasante del tamiz N° 200 lavado a la masa de material pasante por cribado seco.

**b) Cálculos y Resultados**

En las tablas 3.16. y 3.17. se tienen los resultados acerca de la granulometría del agregados fino y grueso. Así mismo se tienen las curvas granulométricas para ambos agregados.

*Tabla 3.16. Granulometría del agregado fino.*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						P. I. 700.00
2"	50.600						P. II. 695.46
1 1/2"	38.100						P. I. : Peso Inicial
1"	25.400						P. II. : Peso después del ensayo
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 100	
No8	2.380	111.93	16.09	16.09	83.91	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	99.43	14.30	30.39	69.61	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	160.01	23.01	53.40	46.60	25 60	MODULO DE FINEZA : 2.77
No40	0.420						
No50	0.300	190.58	27.40	80.80	19.20	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	107.17	15.41	96.21	3.79	2 10	
No200	0.074	23.71	3.41	99.62	0.38		El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 3.35
<b>BASE</b>		2.63	0.38	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		695.46	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.6%					

FUENTE: Elaboración Propia.

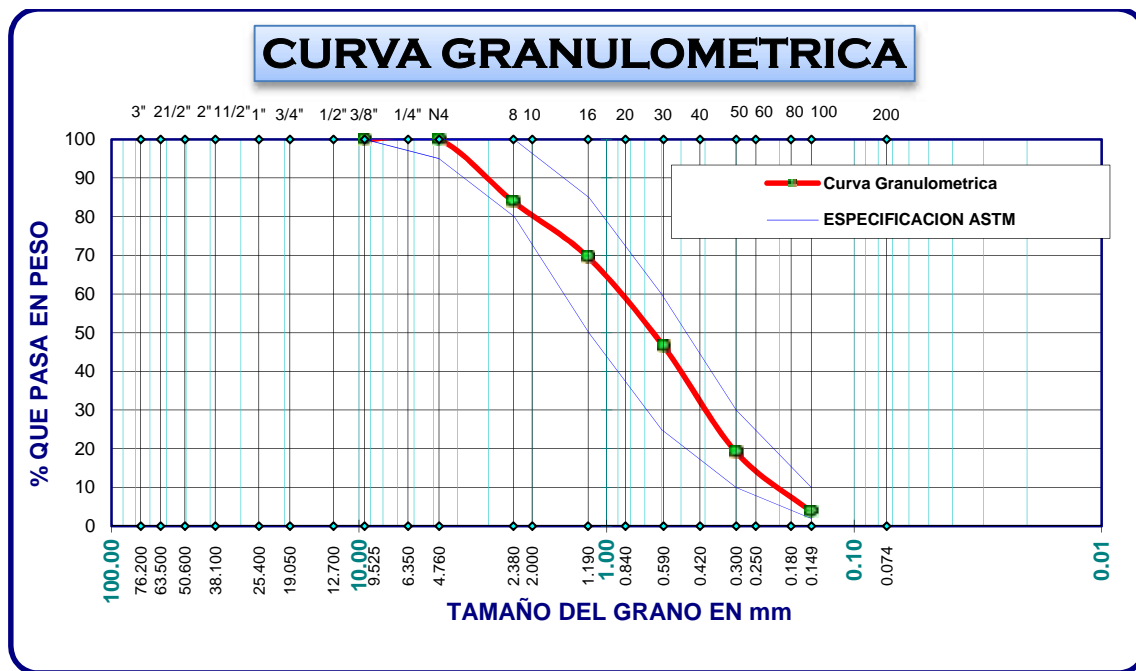


Gráfico 10 Curva granulométrica del agregado fino

Tabla 3.17. Granulometría del agregado grueso

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	%	ESPECIF.	TAMAÑO	1"
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA	ASTM C-33-54	MAXIMO: DESCRIP. DE LA MUESTRA	
3"	76.200							
2 1/2"	63.500						P.M 6927.49	
2"	50.600							
1 1/2"	38.100					100	P. M. : Peso de la muestra	100
1"	25.400	386.82	5.58	5.58	94.42	95		100
3/4"	19.050	1233.98	17.81	23.40	76.60			
1/2"	12.700	1746.45	25.21	48.61	51.39	25	60	
3/8"	9.525	1193.63	17.23	65.84	34.16			
1/4"	6.350	1497.91	21.62	87.46	12.54			
No4	4.760	868.70	12.54	100.00	0.00	0	10	
No8	2.380							
No10	2.000							
No16	1.190							
No20	0.840							
No30	0.590							
No40	0.420							
No50	0.300							
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149							
No200	0.074							
<b>BASE TOTAL</b>		6927.49	100.00					
							<b>MODULO DE FINEZA :</b>	<b>6.89</b>
							OBS: TAMIZAR POR LA MALLA N° 4 PARA SEPARAR EL AG. GRUESO Y FINO	

FUENTE: Elaboración Propia.

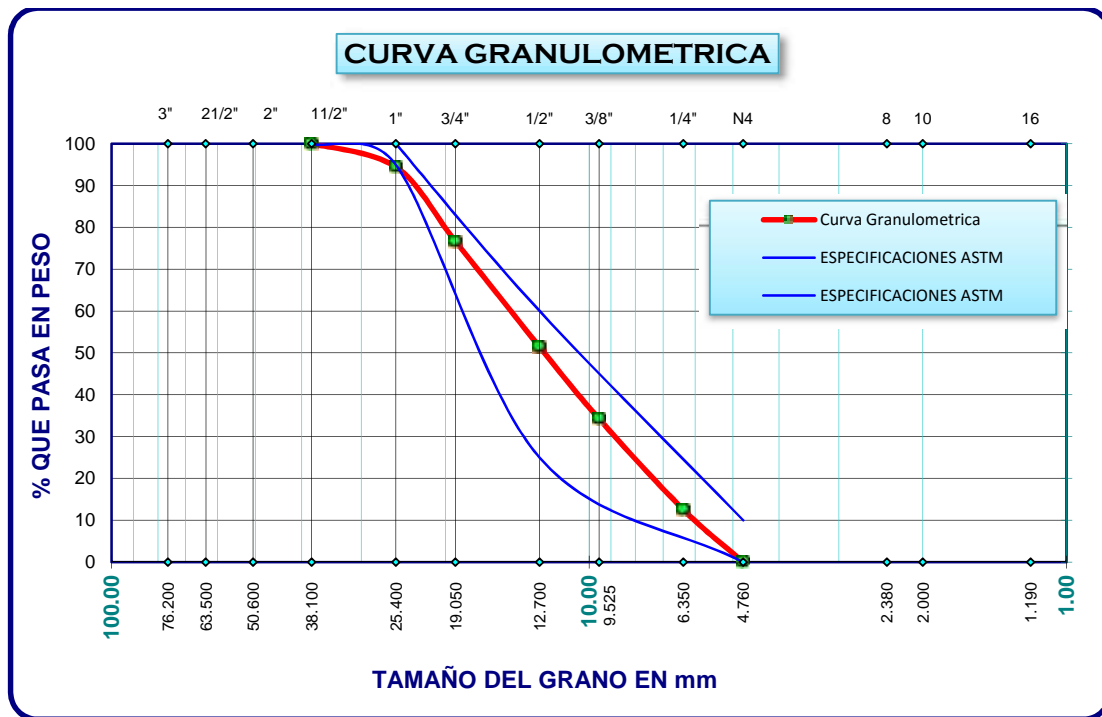


Grafico 11 Curva granulométrica del agregado grueso

### 3.1.2.7 MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS

Con los datos obtenidos de la granulometría de los agregados procedemos a obtener los módulos de fineza. Para lo cual se suma los porcentajes acumulados, retenidos en las mallas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, dividida entre 100.

#### Módulo de fineza del agregado fino – Cantera Cutimbo

$$m = \frac{16.09 + 30.39 + 53.40 + 80.80 + 96.21}{100} = \frac{277.7}{100} = 2.77$$

#### Módulo de fineza del agregado grueso – Cantera Cutimbo

$$m = \frac{22.40 + 65.84 + 100 + 500}{100} = \frac{689}{100} = 6.89$$

### 3.1.2.8 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

#### a) AGREGADO FINO

Se define como peso específico (también llamada gravedad específica) de un agregado, la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión).

Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado.

Por otro lado se define absorción, como al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. Esta condición se supone que representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

La “absorción absoluta” se refiere al volumen de agua necesario para traer un agregado en condición de secado al aire, a la condición de saturado superficialmente seco.



Las normas ASTM C128 y NTP 400.022 indican que el ensayo se puede realizar por cualquiera de los procedimientos, gravimétrico o volumétrico. En el presente estudio se utilizara el procedimiento gravimétrico.

La cantidad necesaria para efectuar este ensayo es de aproximadamente de 1 Kg. En nuestro ensayo utilizamos 1.23 Kg de agregado fino.

### **Procedimientos**

- ) La muestra debe ser secada a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , se enfría luego al aire hasta obtener una masa constante.
- ) A continuación se cubre la muestra completamente con agua y se deja así sumergida durante 24 horas aproximadamente.
- ) Decantar cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente y someterla a la acción de una corriente suave de aire caliente.
- ) Mezclar frecuentemente hasta que las partículas tengan homogeneidad de secado y no se adhieran marcadamente entre sí. Continúe secando hasta que la prueba indique que la prueba ha alcanzado una condición saturada superficialmente seca.
- ) Para fijar este punto, cuando se empiece a observar que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, se hecha en su interior una cantidad de muestra suficiente, se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuara agitando y secando la muestra realizando frecuentemente la prueba de cono hasta que se produzca un

primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficialmente seca.

- ) Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir dentro del picnómetro 500 gr de muestra en estado saturado superficialmente seca, llenar el agua adicional aproximadamente 90% de su capacidad. Luego agitar el picnómetro.
- ) Eliminar las burbujas y si se produce espuma esta puede ser eliminada mediante toallas de papel o alcohol isopropil.
- ) Llenar el picnómetro hasta la marca de calibración.
- ) Ajustar la temperatura del picnómetro a  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , con un baño de agua.
- ) Determinar la masa total del picnómetro, espécimen y agua.
- ) Remover el agregado fino del picnómetro, secar a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , dejar enfriar hasta obtener una masa constante.
- ) Determinar la masa del picnómetro lleno y con la capacidad calibrada con agua a  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### Cálculos y Resultados

Para el cálculo de los pesos específicos y la absorción del agregado fino, se hace uso de las siguientes expresiones.

$$\frac{P}{E} \quad s_1 = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\frac{P}{E} \quad S = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\frac{P}{E} \quad A = \frac{A}{B + A - C}$$

$$A \quad \text{ón \%} = \left( \frac{S - A}{A} \right) * 1$$

) **A** : Masa de la muestra seca al horno, gr.

) **B** : Masa del picnómetro más agua hasta la marca de calibración, gr.

J C : Masa del picnómetro más muestra más agua hasta la marca de calibración, gr.

J S : Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco, gr.

En la tabla 3.18. se tienen los resultados de este ensayo.

*Tabla 3.18. Peso específico y % de absorción del agregado fino.*

I.- DATOS		
1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+PESO DEL PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	571.77
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +PESO DEL PICNOMETRO	403.55
3	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (HASTA SU CAPACIDAD MAXIMA 274ml)	411.94
4	PESO DEL PICNOMETRO	138.68
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	255.63
6	VOLUMEN DEL PICNOMETRO	274.00
7	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	264.87
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS: P.E.S. : $5/(3+5-1)$	2.67
2	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $5/(3+7-1)$	2.43
3	PORCENTAJE DE ABSORCION: $100 \times (7-5)/5$	3.61

FUENTE: Elaboración Propia.

#### b) PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

El peso específico (gravedad específica) de la grava se define de la misma forma como se hizo con el agregado fino como la relación del peso del agregado grueso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua pero su método de determinación es distinto.

En cuanto a la cantidad mínima necesaria de este ensayo la norma ASTM C127 y la NTP 400.021. Nos proporcionan la tabla 3.19.

*Tabla 3.19. Cantidad mínima de muestra para realizar el ensayo.*

<b>Tamaño Máximo Nominal (pulg)</b>	<b>Cantidad Mínima de Muestra (Kg)</b>
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	5
2"	8
2 1/2"	12
3"	18
3 1/2"	25

FUENTE: Norma ASTM C-127

### **Procedimiento**

- ) La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo, se seca a continuación a 100° a 110°C y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 3 horas aproximadamente. Una vez fría se pesa hasta lograr un peso constante. Se sumerge en agua durante 24 horas.
- ) Después del periodo de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan superficialmente con una franela, hasta que tengan una condición de saturadas superficialmente secas.
- ) A continuación se determinan el peso de la muestra, obteniéndose de esta forma el peso saturado superficialmente seco del agregado grueso.
- ) En seguida se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a la temperatura entre 21° a 25°C.
- ) Por último se seca la muestra en horno a 100° a 110°C, se enfría al aire a la temperatura ambiente y se determina su peso seco hasta que este sea constante.

**Cálculos y resultados**

Para el cálculo de peso específico de la muestra seca, saturada superficialmente seca, aparente y la absorción se utiliza las siguientes expresiones:

$$P E S = \frac{A}{B - C}$$

$$P E S = \frac{B}{B - C}$$

$$P E A = \frac{A}{A - C}$$

$$A \text{ ó } n \% = \left( \frac{B - A}{A} \right) * 1$$

A continuación en la tabla 3.20. se detallan los resultados obtenidos.

*Tabla 3.20. Peso específico y % de absorción del agregado grueso.*

<b>I.- DATOS</b>		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	962.47
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR.	988.52
3	VOLUMEN INICIAL EN LA PROBETA CC	500.00
4	VOLUMEN FINAL EN LA PROBETA CC.	893.00
5	VOLUMEN DE LA MUESTRA CC. (4-3)	393.00
<b>II.- RESULTADOS</b>		
6	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. 1/(3)	2.45
7	PORCENTAJE DE ABSORCION: 100 x (2-1)/1	2.71

FUENTE: Elaboración Propia.

**3.1.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS AGREGADOS**

Se realizó un análisis físico químico a los agregados, obteniéndose a continuación los siguientes resultados:

*Tabla 3.21. Características físico químicas de los agregados.*

<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
<b>Cantera Cutimbo</b>	<b>Cantera Cutimbo</b>

pH	7.20	7.30
Cloruros	46.50 ppm	29.10 ppm
Sulfatos	31.20 ppm	98.22 ppm
Carbonatos	negativo	negativo

FUENTE: Elaboración Propia.

### 3.1.4 GRAFENO

El grafeno es un nanomaterial de reciente hallazgo y el que ha suscitado la mayor expectativa debido a sus potenciales aplicaciones. El año 2010 André Geims y Konstantin Novoselov recibieron el premio Nobel de Física porque, seis años antes, lograron obtener el grafeno de una forma estable y medir algunas de sus impresionantes propiedades. El grafeno, es parte constituyente del grafito. Este último es un material modesto (del que están hechos las cargas de los lápices) sin embargo, cuando el grafeno se extrae del grafito, es el material más resistente, el más duro, el de mayor conductividad térmica, el que soporta la mayor densidad de corriente eléctrica, es totalmente impermeable a gases, el de mayor movilidad de portadores de carga, y propiedades tan sorprendentes como que sus electrones se comportan como partículas sin masa.

Nanocumpuestos proporcionados por el patronato Kollkas Homa, en calidad de donación, obtenidos a partir del carbono, el cual presenta varias formas alotrópicas, es decir existen varias formas de su estructura molecular, siendo el grafeno el que presenta características muy interesantes, presenta una estructura bidimensional, asemejada ala de un panal de abejas, las cuales le dan las propiedades electrónicas, mecánicas y químicas excepcionales.



*Grafico 12 Grafeno*

### 3.1.5 AGUA

El agua de mezcla utilizada fue, el agua potable de la ciudad universitaria de la UNA – Puno. La misma a la que se le hizo un análisis físico y químico obteniéndose los siguientes resultados.

*Tabla 3.22. Características físico químicas del agua de mezcla.*

<b>Características organolépticas</b>	
Aspecto	Líquido
Color	Incoloro
<b>Características Físico Químicas</b>	
pH	7.4
<b>Características Químicas</b>	
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	203.84 ppm
Sulfatos como SO <sub>4</sub>	132.20 ppm
Sólidos totales	662.40 ppm
Sólidos Disueltos Totales	609.30 ppm

FUENTE: (Villalta,2015)

Las características físico químicas del agua de mezcla se encuentran dentro de los

límites técnicos establecidos.

### 3.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRON

Para diseño de mezclas o a la selección de las proporciones del concreto, en este estudio se utilizó el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, siguiendo todas las pautas dadas por Enrique Rivva Lopez en su libro “Diseño de Mezclas” y teniendo las siguientes especificaciones, como son:

#### 3.2.1 ESPECIFICACIONES

- ) Resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- ) La mezcla requiere una consistencia de 3” - 4”.
- ) Tamaño máximo nominal 1”.
- ) Sin aire incorporado.

Antes de empezar con el diseño, en la tabla 3.23. se da un resumen acerca de las características de los materiales:

*Tabla 3.23. Características físicas de los materiales componentes del concreto.*

Cemento	) <b>Pórtland tipo IP “Rumi”</b>	
	) <b>Peso específico 2.85 gr/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Agua</b>	) Potable, de la ciudad universitaria UNA – PUNO.	
<b>Agregado Fino</b>	) Peso unitario suelto	1562.83 kg/m <sup>3</sup>
	) Peso unitario compactado	1725.12 kg/m <sup>3</sup>
	) Peso específico (seco)	2.34 gr/cm <sup>3</sup>
	) Absorción	5.54 %
	) Contenido de Humedad	4.01 %
<b>Agregado Grueso</b>	) Módulo de fineza	3.13
	) Peso unitario suelto	1387.89 kg/m <sup>3</sup>
	) Peso unitario compactado	1529.38 kg/m <sup>3</sup>
	) Peso específico	2.46 gr/cm <sup>3</sup>
	) Absorción	4.33 %
	) Contenido de Humedad	1.81 %
	) Módulo de fineza	7.77

FUENTE: Elaboración Propia.



➤ SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada por la siguiente tabla:

*Tabla 3.24. Resistencia promedio, sin registro de resultados anteriores.*

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

FUENTE: Elaboración Propia.

Nuestra resistencia de diseño es de **210 kg/cm<sup>2</sup>**, por ser la más usual y porque es la resistencia mínima que deben tener todo elemento estructural para que se comporte como elemento sismo resistente.

Por lo tanto nuestra resistencia promedio será:

$$f'c = f'c + 84 = 210 + 84 = 294 \text{ k /c}^2$$

➤ SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO.

Para la selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso se debe tener en consideración que el concreto deberá ser colocado sin dificultad en los encofrados, esquinas, espacio entre barras, etc. No debiendo quedar espacios vacíos ni cangrejeras.

En esta investigación el tamaño máximo nominal es de 1", este valor fue por los moldes que se utilizaran en los ensayos posteriores de resistencia a la compresión, dichos moldes tiene una dimensión de 6"x12".

➤ SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.

El asentamiento elegido será de 4”, que es clasificada como una mezcla de consistencia plastica, como muestra en la tabla 3.25.

Tabla 3.25. Correlación entre la consistencia y el asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	
	NORMA ALEMANA	CRIT. NORTEAMERICANOS
Seca	0” a 2”	0 mm a 50 mm
Plástica	3” a 4”	75 mm a 100 mm
Fluida	>5”	>125 mm

FUENTE: ACI

➤ SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA.

Una vez seleccionados el tamaño máximo nominal y el asentamiento; podemos seleccionar el volumen unitario de agua, utilizando la siguiente tabla elaborada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI.

Tabla 3.26. Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en l/m <sup>3</sup> para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8”	1/2”	3/4”	1”	1 1/2”	2”	3”	6”
Concretos sin aire incorporado								
1” a 2”	207	199	190	179	166	154	130	113
3” a 4”	228	216	205	193	181	169	145	124
6” a 7”	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1” a 2”	181	175	168	160	150	142	122	107
3” a 4”	202	193	184	175	165	157	133	119
6” a 7”	216	205	197	184	174	166	154	...

FUENTE: ACI

Por lo tanto el volumen de agua es de 193 *litros por metro cubico de concreto.*

➤ SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE.

Para hallar el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado,

para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma ASTM C33. Utilizaremos la tabla que se ve a continuación:

*Tabla 3.27. Contenido de aire.*

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

FUENTE: ACI.

➤ **SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA.**

Elegimos la relación de agua/cemento de acuerdo a la resistencia promedio y la condición de ser un concreto sin aire incorporado, para lo cual realizamos una interpolación.

*Tabla 3.28. Relación agua/cemento.*

<b>f'cr 28 (días)</b>	<b>Relación agua – cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concretos sin Aire incorporado</b>	<b>Concretos con Aire incorporado</b>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

FUENTE: ACI

$$\frac{294 - 250}{300 - 294} = \frac{x - 0.62}{0.55 - x}$$

$$\frac{44}{6} = \frac{x - 0.62}{0.55 - x}$$

$$x = 0.5584 \cong 0.56$$

- CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO.

$$F_{ce} = \frac{193}{0.56} = 344.64 \frac{k}{m^3} \cong 8.11 b / m^3$$

- CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

- ✓ Cemento  $344.64 / (2.85 * 1000) = 0.121 \text{ m}^3$
- ✓ Agua  $193 / (1 * 1000) = 0.193 \text{ m}^3$
- ✓ Aire  $1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$
- ✓ Suma de volúmenes absolutos  $= 0.329 \text{ m}^3$

- ✓ VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO.

- ✓ Volumen absoluto del agregado  $1 - 0.329 = 0.671 \text{ m}^3$

- CÁLCULO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (M).

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Mariland, han logrado elaborar la siguiente tabla para hallar el módulo de fineza de la combinación de agregados, teniendo como datos el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el factor cemento en bl/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.29. Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño Máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de bolsas/metro cubico.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

FUENTE: Universidad de Mariland

Se ha tenido que interpolar, para poder obtener el módulo de fineza de la combinación de agregados siendo  $m=5.42$ .

➤ CALCULO DEL PORCENTAJE DEL AGREGADO FINO EN RELACIÓN AL VOLUMEN ABSOLUTO TOTAL DEL AGREGADO ( $R_R$ ).

Para el cálculo de  $r_r$  haremos uso de la siguiente ecuación, teniendo como datos el módulo de fineza del agregado grueso ( $m_g=7.77$ ) y fino ( $m_f=3.13$ ).

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

$$r_r = \frac{6.89 - 5.42}{6.89 - 2.77} \times 100$$

$$r_r = 35.71 \%$$

➤ CALCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL AGREGADO.

- ✓ Volumen abs. del agregado fino  $0.671 \times 0.3571 = 0.24 \text{ m}^3$
- ✓ Volumen abs. del agregado grueso  $0.671 \times 0.6429 = 0.43 \text{ m}^3$

➤ PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS.

✓ Peso seco del agregado fino  $0.24 \times 2.67 \times 1000 = 640.8$   
kg/m<sup>3</sup>

✓ Peso seco del agregado grueso  $0.43 \times 2.45 \times 1000 = 1053.5$   
kg/m<sup>3</sup>

➤ VALORES DE DISEÑO.

✓ Cemento  $344.64$  kg/m<sup>3</sup>

✓ Agua de diseño  $193$  lt/m<sup>3</sup>

✓ Agregado fino seco  $640.8$  kg/m<sup>3</sup>

✓ Agregado grueso seco  $1053.5$  kg/m<sup>3</sup>

➤ CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADO

✓ Agregado fino  $640.8 \times 1.040 = 666.43$   
kg/m<sup>3</sup>

✓ Agregado grueso  $1053.5 \times 1.024 = 1078.78$   
kg/m<sup>3</sup>

➤ CALCULO DEL AGUA EFECTIVA

Al observar las características de los agregados, vemos que el contenido de humedad es mayor que el de absorción, lo cual indica un exceso de agua en el agregado respecto de la condición ideal, Entonces:

$$\left( \frac{\% A}{100} - \frac{\% H}{100} \right) * P \quad s \quad d \quad A$$

✓ Agua que le exceso al agregado fino

▪  $\frac{3.6 - 4.0}{1} * 640.8 = -2.7$  lt/m<sup>3</sup>.

✓ Agua que le falta al agregado grueso

▪  $\frac{2.7 - 2.4}{1} * 1053.5 = 2.9$  lt/m<sup>3</sup>.

$$✓ \text{ Agua Efectiva} \quad 193 + 2.9 - 2.7 = 193.3 \text{ lt/m}^3$$

Pesos corregidos de los materiales integrantes por unidad cubica de concreto serán:

✓ Cemento	344.64 kg/m <sup>3</sup>
✓ Agua de diseño	193.3 lt/m <sup>3</sup>
✓ Agregado fino húmedo	666.43 kg/m <sup>3</sup>
✓ Agregado grueso húmedo	1078.78 kg/m <sup>3</sup>

➤ PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN CORREGIR Y YA CORREGIDAS POR HUMEDAD DEL AGREGADO.

$$\frac{344.64}{344.64} : \frac{640.8}{344.64} : \frac{1053.5}{344.64} : \frac{193 * 42.5}{344.64} = 1 : 1.86 : 3.05 : 23.8 \text{ l/b}$$

$$\frac{344.64}{344.64} : \frac{666.43}{344.64} : \frac{1078.78}{344.64} : \frac{193.3 * 42.5}{344.64} = 1 : 1.93 : 3.13 : 23.8 \text{ l/b}$$

### 3.3 PRODUCCION DE CONCRETO EXPERIMENTAL

En el presente acápite se desarrolla la técnica de mezclado del concreto patrón con la adición de grafeno, habiendo ya definido el diseño de mezclas patrón para un concreto de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Puno.

La secuencia de mezclado se mantuvo constante durante toda la investigación, se detalla el proceso adecuado convencional de mezclado en la siguiente figura.

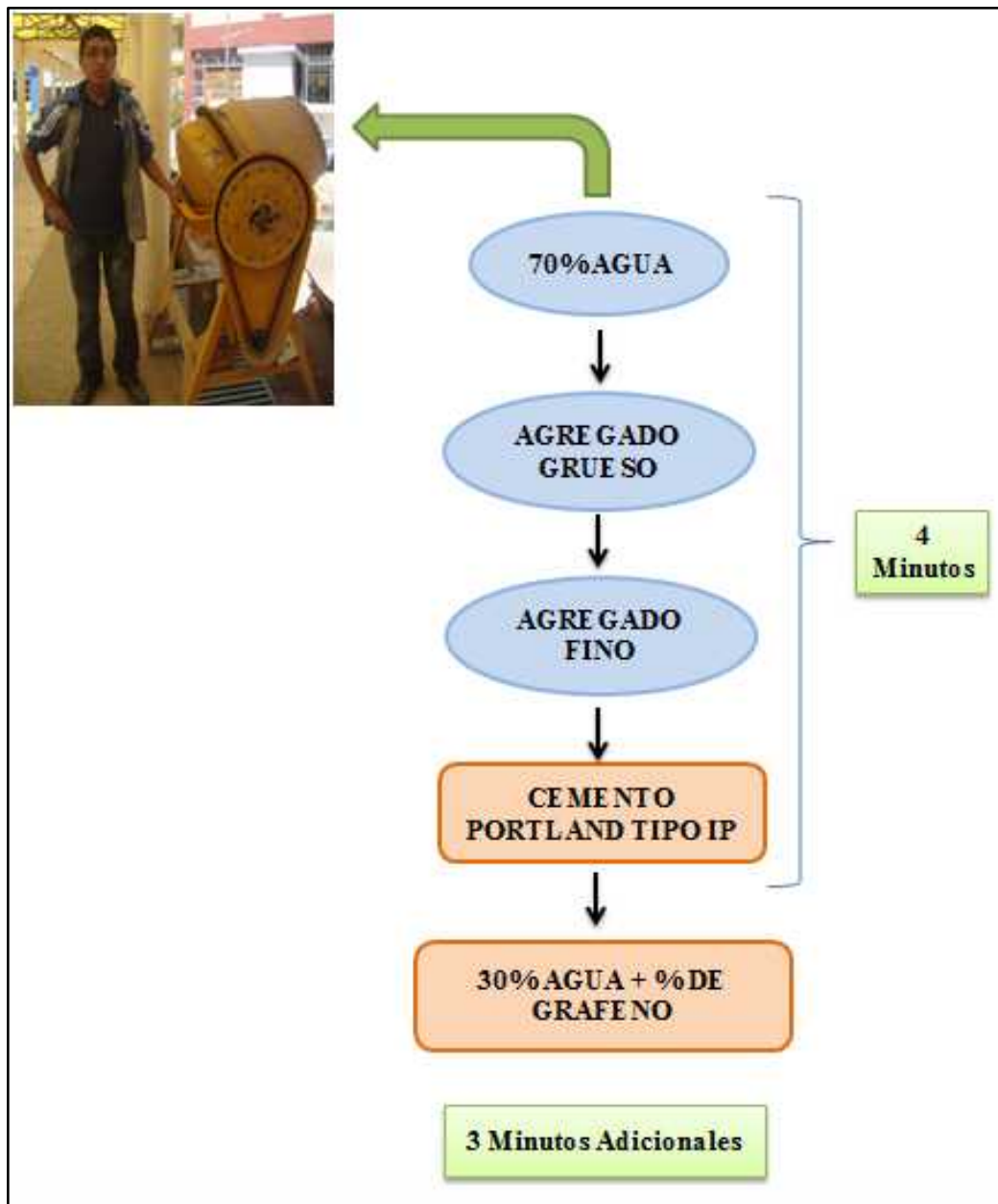


Grafico 13 Procedimiento de mezclado de concreto





*Grafico 14 Materiales utilizados, cemento, agregados, grafeno en polvo*



*Grafico 15 Preparación del concreto*



*Grafico 16 Dosificación del Cemento*



*Grafico 17 Toma de muestras en briquetas*



*Grafico 18 Preparando el curado por inmersión*



*Grafico 19 Ensayos de resistencia a la compresión*

### 3.4 ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

#### 3.4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CONCRETO FRESCO

##### 3.4.1.1 CONSISTENCIA (ASTM C413, NTP 339.035)

La consistencia se define como la capacidad de la mezcla de mantenerse homogénea con una permanencia en un estado determinado en función del tiempo. Se mide mediante el ensayo de asentamiento o Slump, utilizando el cono de Abrams. El ensayo consiste en compactar una muestra de concreto en un molde troncónico, midiendo el asentamiento del concreto luego de desmoldado, la compactación se realiza en tres capas de igual volumen, con una varilla lisa metálica normada, aplicando 25 golpes por cada capa, distribuidos uniformemente.

#### Consistencia:

*Tabla 3.30. ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y PORCENTAJE DE VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.*

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (pulgadas)	VARIACIÓN CON RESPECTO AL PATRON	NÚMERO DE MEDICIONES
CONCRETO PATRON	4.4"	100.00%	3
GRAFENO 0.5%	5.2"	125%	3
GRAFENO 1%	5.3"	125%	3
GRAFENO 1.5%	5.3"	125%	3

FUENTE: Elaboración Propia.



*Grafico 20 Ensayo de asentamiento*



*Grafico 21 Ensayo de asentamiento*

### 3.4.2 RESULTADO OBTENIDO EN CONCRETO ENDURECIDO

#### 3.4.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034, ASTM C39)

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, porque esta presenta la condición de carga en que el concreto exhibe mayor

capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente formula:

$$f_c = \frac{4.G}{\pi.D^2}$$

Donde:

$f_c$ : Es la resistencia de rotura a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

G: Carga de rotura (kg)

D: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

### 3.4.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

#### 3.4.2.2.1 CONCRETO PATRÓN:

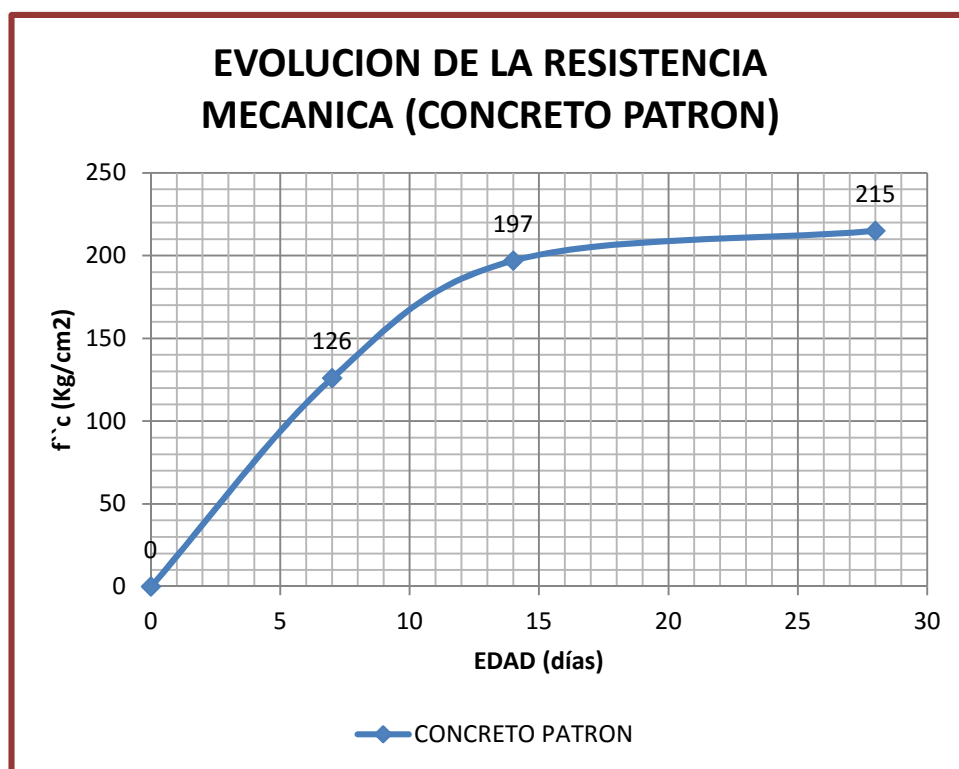
La elaboración del concreto patrón se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNA – Puno.

**Tabla 3.31. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN PROBETAS DE 6"x12".**

Nº PROBETA	Peso (g) Especimen	EDAD dias	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f <sub>c</sub> =Kg/Cm2	DISEÑO f <sub>c</sub> =Kg/cm2	% Resist.
1	12225	7	22130	179	124	210	59%
2	12060	7	22120	176	126	210	60%
3	12250	7	22190	176	126	210	60%
4	12190	7	22280	173	128	210	61%
5	12325	7	22530	176	128	210	61%
					<b>126</b>		
6	12355	14	35140	177	199	210	95%
7	12235	14	35000	178	196	210	93%
8	12175	14	36480	179	204	210	97%
9	12285	14	31340	178	176	210	84%
10	12195	14	36190	174	208	210	99%

					<b>197</b>		
11	12207	28	38057	179	212	210	101%
12	11433	28	38834	179	217	210	103%
13	11919	28	38150	178	214	210	102%
14	12200	28	38055	177	215	210	102%
15	11983	28	38087	174	218	211	104%
					<b>215</b>		

FUENTE: Elaboración Propia.



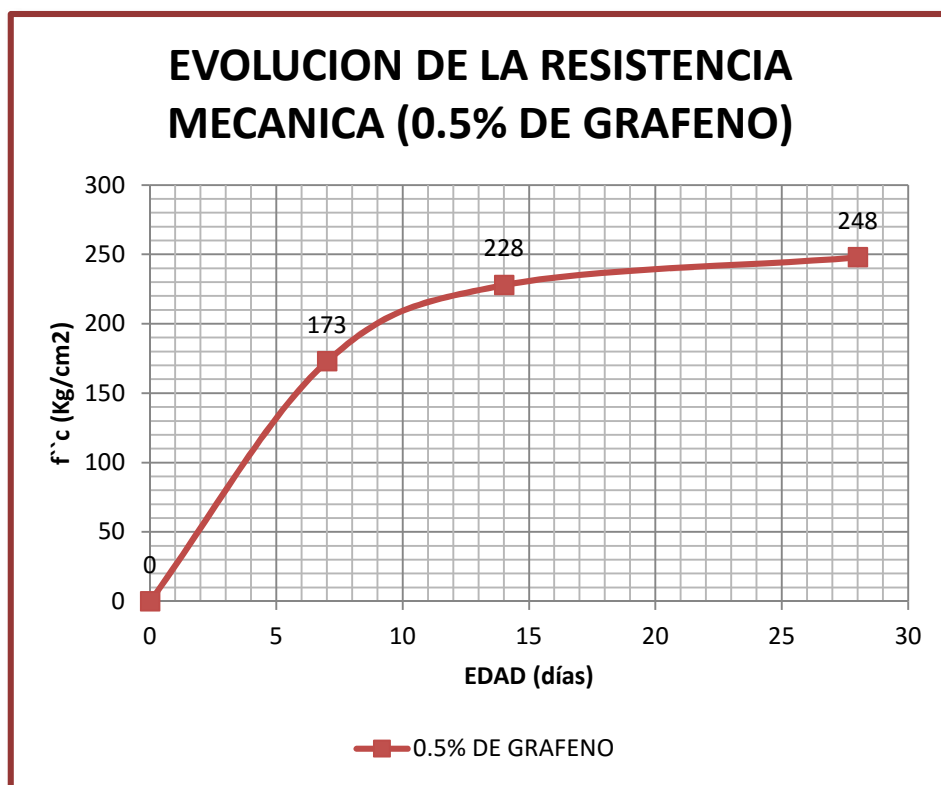
### 3.4.2.2.2 CONCRETO CON GRAFENO AL 0.5%, 1% y 1.5%, PROBETAS DE 6"x12".

*Tabla 3.32. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO CON GRAFENO AL 0.5%*

Nº PROBETA	Peso (g) Especimen	EDAD dias	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1	12235	7	29490	177	167	210	79%
2	12160	7	29800	173	172	210	82%
3	12250	7	30360	171	178	210	85%
4	12490	7	29750	172	172	210	82%
5	12330	7	29730	172	173	210	83%
					<b>173</b>		
6	12255	14	40580	180	226	210	108%
7	12235	14	40370	175	231	210	110%
8	12375	14	40730	179	227	210	108%
9	12285	14	40440	179	226	210	108%
10	12295	14	40690	177	230	210	110%
					<b>228</b>		
11	12197	28	43720	181	242	210	115%
12	12333	28	43510	181	240	210	114%
13	12619	28	43750	182	241	210	115%
14	12270	28	43400	176	246	210	117%
15	12983	28	43630	174	250	210	119%
					<b>244</b>		

FUENTE: Elaboración Propia.



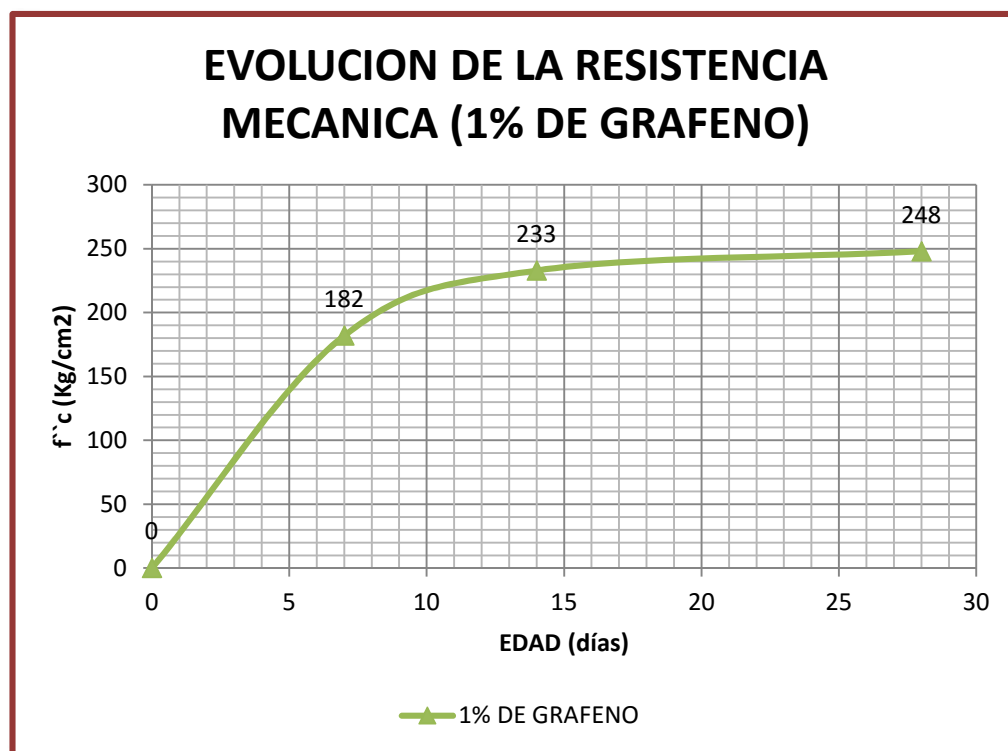


**TABLA 3.33. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO CON GRAFENO AL 1%**

Nº PROBETA	Peso (g) Especimen	EDAD días	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1	12380	7	31600	173	183	210	87%
2	12255	7	31350	171	183	210	87%
3	12375	7	31080	173	180	210	86%
4	12275	7	31530	171	185	210	88%
5	12400	7	31330	173	181	210	86%
					<b>182</b>		
6	12155	14	41280	177	233	210	111%
7	11433	14	41730	177	236	210	112%
8	11919	14	40880	175	234	210	111%
9	12285	14	40980	184	223	210	106%
10	12195	14	40840	171	238	210	114%
					<b>233</b>		

11	12285	28	43870	177	248	210	118%
12	12195	28	43530	176	247	210	118%
13	11919	28	43810	177	247	210	118%
14	12270	28	43510	177	246	210	117%
15	11996	28	43730	174	251	210	120%
					<b>248</b>		

FUENTE: Elaboración Propia.

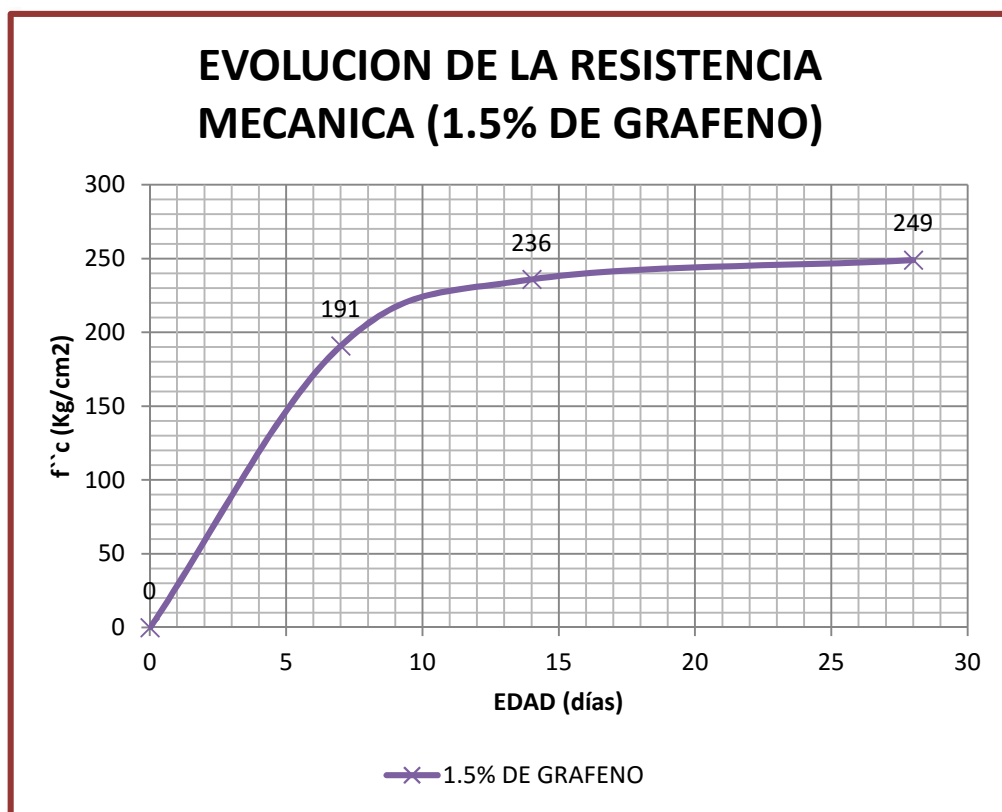


**Tabla 3.34. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO CON GRAFENO AL 1.5%.**

Nº PROBETA	Peso (g) Especimen	EDAD días	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1	12375	7	34030	174	195	210	93%
2	12150	7	33160	179	185	210	88%
3	12125	7	33230	174	191	210	91%
4	12370	7	33730	177	190	210	91%
5	12405	7	33295	171	194	210	93%
					<b>191</b>		
6	12350	14	41480	176	235	210	112%
7	11830	14	41420	177	234	210	111%

8	12319	14	41560	175	237	210	113%
9	12230	14	41610	176	237	210	113%
10	12190	14	41622	174	239	210	114%
					<b>236</b>		
11	12240	28	43850	177	248	210	118%
12	12167	28	43870	176	250	210	119%
13	11995	28	43790	176	249	210	119%
14	12171	28	43590	178	245	210	117%
15	12190	28	43829	174	252	210	120%
					<b>249</b>		

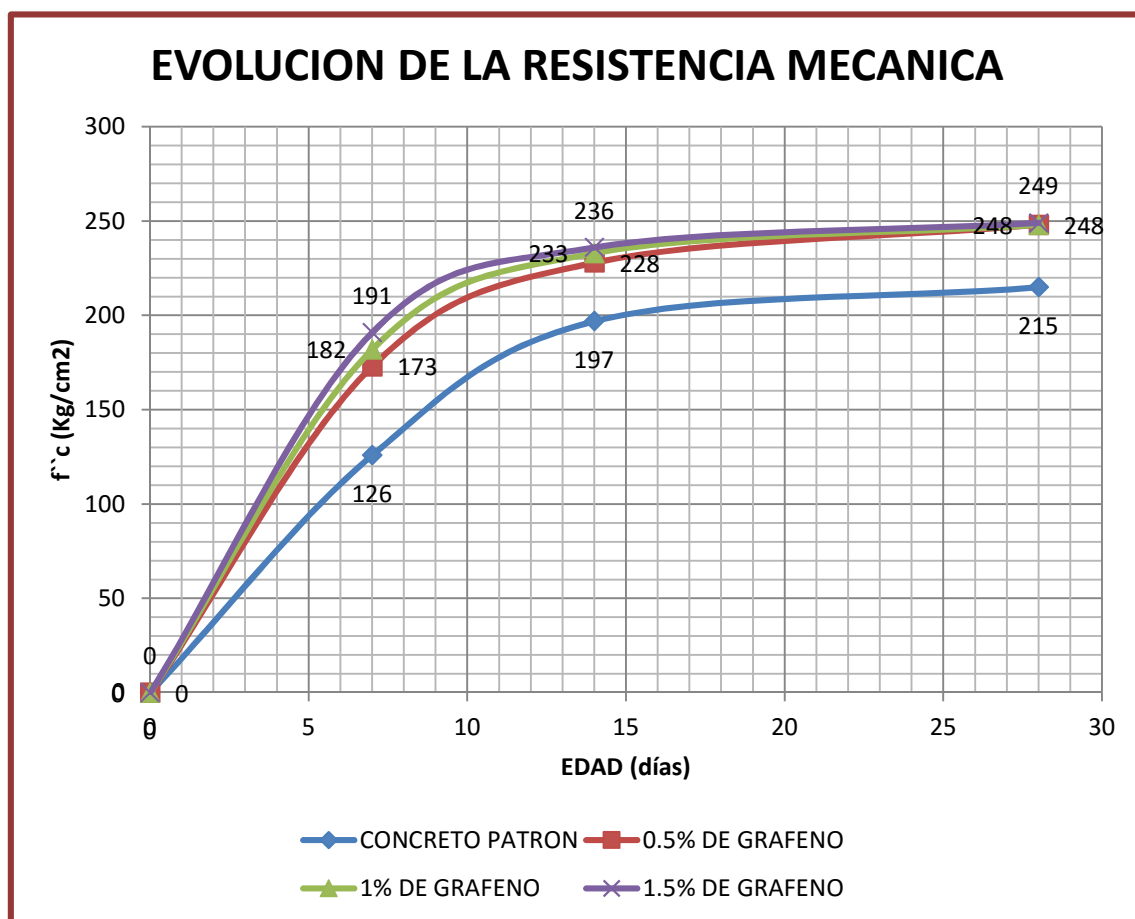
FUENTE: Elaboración Propia.



**Tabla. 3.35. RESUMEN DE ROTURAS DE PROBETAS DE 6"x12".**

TIEMPO (días)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )			
	CONCRETO PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )	1% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )	1.5% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )
7 días	126	173	182	191
14 días	197	228	233	236
28 días	215	248	248	249

FUENTE: Elaboración Propia.



*Grafico 22 Resistencia y tiempo de curado*

## CAPITULO IV.

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 GENERALIDADES:

El análisis de los diferentes resultados obtenidos en los diferentes ensayos llevados a cabo en la investigación “Efecto del Grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto”, constituye una parte esencial y de suma importancia.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

- ) Agregado fino procedente de la cantera “Cutimbo”.
- ) Agregado grueso procedente de la cantera “Cutimbo”.
- ) Cemento Yura tipo IP.
- ) Grafeno

#### ENSAYOS PRELIMINARES:

Se ensayaron los agregados para poder hallar sus propiedades físicas.

#### 4.2 AGREGADOS

##### 4.2.1 AGREGADO FINO:

El agregado fino usado en la presente tesis de investigación es de la cantera “Cutimbo”.

En la grafica de la curva granulométrica se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por la norma NTP 400.012.

#### 4.2.2 AGREGADO GRUESO:

El agregado grueso usado en la tesis procedente de la cantera “Cutimbo”. En la gráfica de la curva granulométrica, se puede notar que la curva se encuentra dentro del huso, determinado por la norma NTP 400.012.

#### 4.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

##### 4.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

###### 4.3.1.1 CONCRETO PATRON:

Se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 7, 14, y 28 días siendo un promedio de 126, 197 y 215kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, por mas de que pase mas tiempo esta resistencia no variara significativamente.

###### 4.3.1.2 CONCRETO CON GRAFENO:

Al adicionar grafeno se decidió utilizar la dosis de 0.5%, 1% y 1.5%, del peso del cemento, con esta dosis se incrementó la resistencia a los 7, 14, y 28 dicho incremento se debe a los efectos del grafeno.

*Tabla 4.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS.*

PORCENTAJE DE GRAFENO	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>
0%	215
0.5%	248
1%	248
1.5%	249

FUENTE: Elaboración Propia.

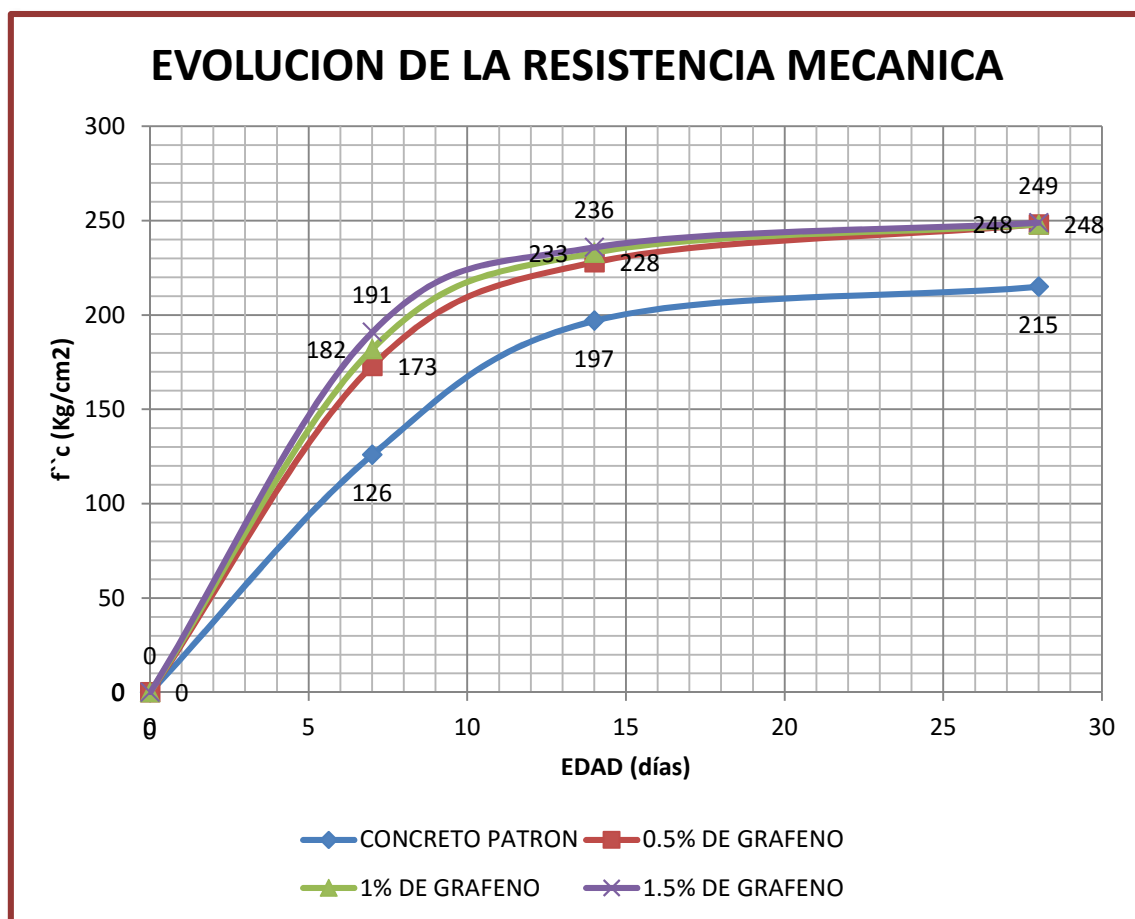


Grafico 23 Resistencia final a los 28 dias.

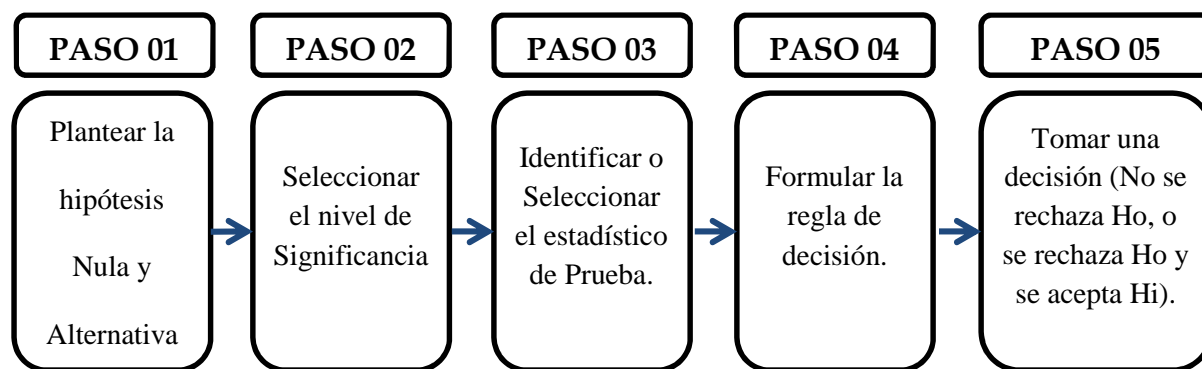
Como podemos a los 28 días los porcentajes de grafeno incrementan la resistencia del concreto en la misma proporción.

#### 4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La hipótesis a probar es la siguiente:

“Los cambios en el porcentaje de grafeno mejora la resistencia del concreto”.

Para realizar la prueba de la hipótesis se va a seguir la siguiente secuencia:



Para esta situación lo que se va a probar es; si la resistencia del concreto se incrementa con la adición de grafeno en distintas proporciones 0.5%, 1% y 1.5%:

➤ **PASO N° 01: HIPOTESIS NULA e HIPOTESIS ALTERNATIVA**

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera; es decir  $\mu_X - \mu_Y = 0$ .

Para todos los casos en cuanto a la edad del concreto (7 días, 14 días y 28 días), y a la variedad de distribución de proporciones para el grafeno la hipótesis nula será la siguiente:

$$H_0: \mu_N = \mu_G \text{ ó } \mu_N - \mu_G = 0$$

Donde  $\mu_N$ , representa a la media aritmética del concreto normal, y  $\mu_M$  representa a la media aritmética del concreto con grafeno para distintas proporciones de grafeno.

Mientras que la hipótesis alternativa se plantea de la siguiente manera:

$$H_1: \mu_N > \mu_G \text{ ó } \mu_N - \mu_G > 0$$

➤ **PASO N° 02: NIVEL DE SIGNIFICANCIA**

El nivel de significancia queda definido en una probabilidad de 0.01 (1%)

➤ **PASO N° 03: CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA**

Este valor es determinado a partir de la información muestral, y se va a utilizar para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n+m-2$  grados de libertad es



el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{(n-1)s_x^2 + (m-1)s_y^2}} \sqrt{\frac{n(n+m-2)}{n+m}}$$

Donde:

$t_p$  : Estadístico de prueba

$\bar{X}, \bar{Y}$  : Medias muestrales

$s_x^2, s_y^2$  : Varianzas

$m, n$  : Tamaño de muestras

### EDAD DE 7 DÍAS

Para una edad del concreto de 7 días, el estadístico de prueba calculado con la ayuda de la siguiente tabla y para distintas proporciones de grafeno es el siguiente:

*Tabla 4.2. ANALISIS ESTADISTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 7 DIAS*

EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm2)			
	CONCRETO NORMAL	GRAFENO 0.5%	GRAFENO 1%	GRAFENO 1.5%
<b>7 DIAS</b>	124	167	183	195
	126	172	183	185
	126	178	180	191
	128	172	185	190
	128	173	181	194
<b>MEDIA</b>	<b>126</b>	<b>173</b>	<b>182</b>	<b>191</b>
<b>ARIT.</b>				
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>S2</b>	<b>3.880</b>	<b>16.035</b>	<b>3.514</b>	<b>16.325</b>
<b>Tp</b>		<b>23.11</b>	<b>45.97</b>	<b>32.22</b>

FUENTE: Elaboración Propia.

### EDAD DE 14 DÍAS

Para una edad del concreto de 14 días, el estadístico de prueba calculado con la ayuda de la siguiente tabla y para distintas proporciones de grafeno es el siguiente:

Tabla 4.3. ANALISIS ESTADISTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 14 DIAS

EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm2)			
	CONCRETO NORMAL	GRAFENO 0.5%	GRAFENO 1%	GRAFENO 1.5%
<b>14 DIAS</b>	199	226	233	235
	196	231	236	234
	204	227	234	237
	176	226	223	237
	208	230	238	239
<b>MEDIA</b>	<b>197</b>	<b>228</b>	<b>233</b>	<b>236</b>
<b>ARIT.</b>				
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>S2</b>	<b>155.596</b>	<b>5.757</b>	<b>35.322</b>	<b>4.000</b>
<b>TP</b>		<b>5.58</b>	<b>5.87</b>	<b>7.68</b>

FUENTE: Elaboración Propia.

### EDAD DE 28 DÍAS

Para una edad del concreto de 28 días, el estadístico de prueba calculado con la ayuda de la siguiente tabla y para distintas proporciones de grafeno es el siguiente:

Tabla 4.4. ANALISIS ESTADISTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS

EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm2)			
	CONCRETO NORMAL	GRAFENO 0.5%	GRAFENO 1%	GRAFENO 1.5%
<b>28 DIAS</b>	212	242	248	248
	217	240	247	250
	214	241	247	249
	215	246	246	245
	218	250	251	252
<b>MEDIA</b>	<b>215</b>	<b>244</b>	<b>248</b>	<b>249</b>
<b>ARIT.</b>				
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>S2</b>	<b>6.035</b>	<b>18.749</b>	<b>4.508</b>	<b>7.898</b>
<b>TP</b>		<b>12.80</b>	<b>22.41</b>	<b>20.11</b>

FUENTE: Elaboración Propia.

### ➤ PASO N°4: FORMULAR LA REGLA DE DECISIÓN

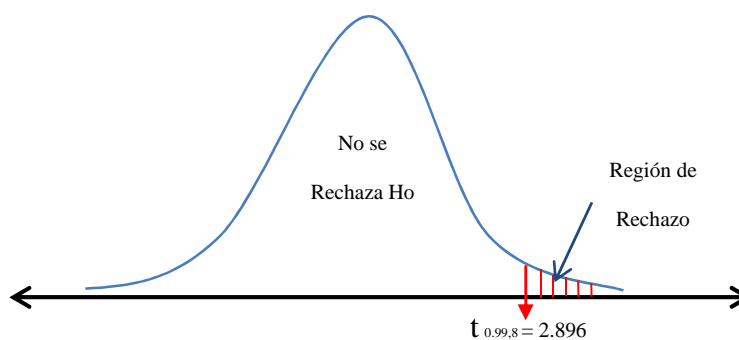
La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba unilateral.

Para pruebas unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{1-\alpha, n+m-2}$$

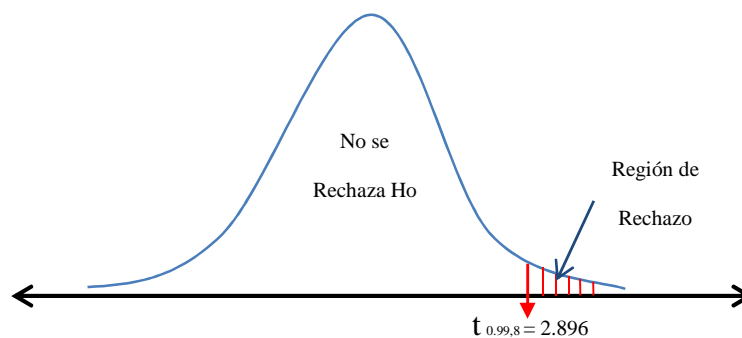
### EDAD DE 7 DÍAS

El valor crítico, para la aceptación de o rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.01 y 8 grados de libertad, queda definido en:



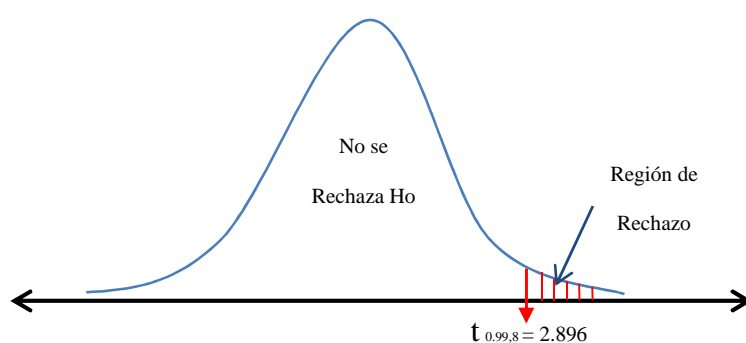
### EDAD DE 14 DÍAS

El valor crítico, para la aceptación de o rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.01 y 8 grados de libertad, queda definido en:



### EDAD DE 28 DÍAS

El valor crítico, para la aceptación de o rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.01 y 18 grados de libertad, queda definido en:



### ➤ PASO N° 5: TOMA DE UNA DECISIÓN

La toma de una decisión se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados para distintas edades del concreto:

#### **EDAD DE 7 DÍAS**

Los estadísticos de prueba que se han calculado en el paso 3 son:

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 0.5%

$$t_p = 23.11$$

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1%

$$t_p = 45.97$$

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1.5%

$$t_p = 32.22$$

En todos los casos los estadísticos de prueba caen en la región de rechazo de la Figura, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula que afirma que las medias aritméticas son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto si existe diferencia entre el concreto normal y el concreto con Grafeno a una edad de 7 días, con un nivel de significancia de 0.01 (1%).

#### **EDAD DE 14 DÍAS**

Los estadísticos de prueba que se han calculado en el paso 3 son:

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 0.5%

$$t_p=5.58$$

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1%

$$t_p=5.87$$

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1.5%

$$t_p=7.68$$

En todos los casos los estadísticos de prueba caen en la región de rechazo de la Figura N° 5.1, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula que afirma que las medias aritméticas son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto si existe diferencia entre el concreto normal y el concreto con Grafeno a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.01 (1%).

### DECISIÓN RESPECTO A LA HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN.

Se acepta la hipótesis de investigación que afirma que el concreto elaborado con la adición de Grafeno, mejora considerablemente la resistencia a la compresión del concreto según la prueba de hipótesis realizada. Los resultados que se pueden visualizar con ayuda de la siguiente tabla y figura, refuerzan lo indicado.

*Tabla 4.5. RESUMEN DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN*

TIEMPO (días)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )			
	CONCRETO PATRON (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )	1% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )	1.5% DE GRAFENO (kg/cm <sup>2</sup> )
7 días	126	173	182	191
14 días	197	228	233	236
28 días	215	248	248	249

FUENTE: Elaboración Propia.

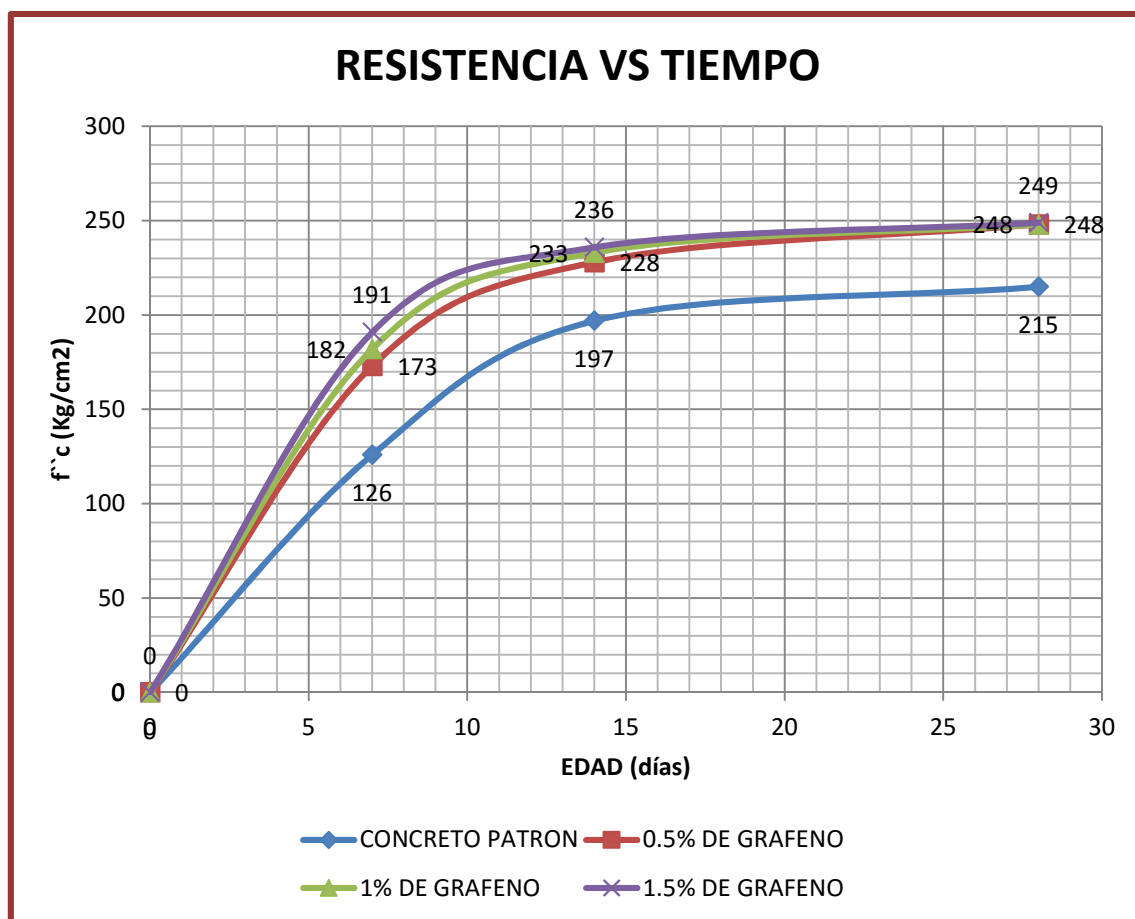


Grafico 24 Resistencia vs Tiempo

#### 4.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

##### 4.5.1 CONSISTENCIA:

El asentamiento de diseño para los diversos tipos de concreto realizados en la presente tesis estuvo en el rango de 3”a 6”, considerando así a la mezcla con consistencia plástica.

Tabla 4.6. ENSAYO DE ASENTAMIENTO

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (pulgadas)	NÚMERO DE MEDICIONES
CONCRETO PATRON	4.4"	3
GRAFENO 0.5%	5.2"	3
GRAFENO 1%	5.3"	3

GRAFENO 1.5%	5.3"	3
--------------	------	---

FUENTE: Elaboración propia.

De la misma forma realizamos la prueba de hipótesis para:

“El grafeno mejora la trabajabilidad del concreto”

➤ **HIPOTESIS NULA e HIPOTESIS ALTERNATIVA**

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera; es decir  $\mu_X - \mu_Y = 0$ .

Para todos los casos en cuanto a la trabajabilidad, y a la variedad de distribución de proporciones para el grafeno la hipótesis nula será la siguiente:

$$H_0: \mu_N = \mu_M \text{ ó } \mu_N - \mu_M = 0$$

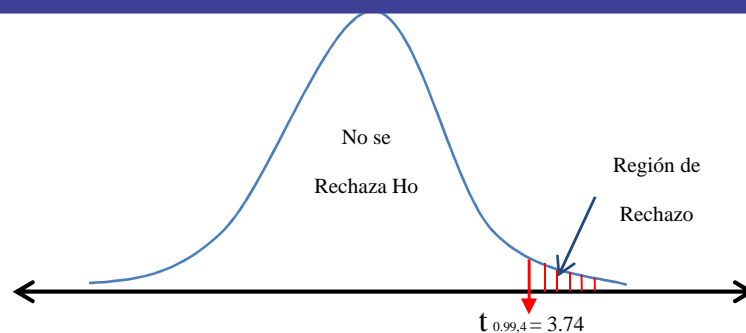
Donde  $\mu_N$ , representa a la media aritmética de la trabajabilidad concreto normal, y  $\mu_M$  representa a la media aritmética de la trabajabilidad con grafeno para distintas proporciones de grafeno. Mientras que la hipótesis alternativa se plantea de la siguiente manera:

$$H_1: \mu_N \neq \mu_M \text{ ó } \mu_N - \mu_M \neq 0$$

*Tabla 4.7. ANALISIS ESTADISTICO DE LA TRABAJABILIDAD*

ITEM	CONSISTENCIA			
	CONCRETO NORMAL	GRAFENO 0.5%	GRAFENO 1%	GRAFENO 1.5%
SLUMP	4.6	5.1	5.5	5.3
	4.3	5.3	5.4	5.4
	4.3	5.2	5.1	5.3
<b>MEDIA ARIT.</b>	<b>4.4</b>	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	<b>5.3</b>
<b>n</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>
<b>S2</b>	<b>0.030</b>	<b>0.010</b>	<b>0.043</b>	<b>0.003</b>
<b>tp</b>		<b>6.92</b>	<b>5.96</b>	<b>8.85</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA



Los estadísticos de prueba que se han calculado en el cuadro anterior son:

- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 0.5%  $t_p=6.92$
- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1%  $t_p=5.96$
- Relación del concreto normal, al concreto con Grafeno 1.5%  $t_p=8.85$

En todos los casos los estadísticos de prueba caen en la región de rechazo de la Figura, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula que afirma que las medias aritméticas son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto si existe diferencia entre la trabajabilidad del concreto patrón con el grafeno, con un nivel de significancia de 0.01 (1%).

#### 4.6 ANÁLISIS DE COSTO

El análisis del costo de los diseños de mezcla (concreto patrón, concreto con grafeno), se realizó para  $1\text{m}^3$  de concreto, además se tuvo en cuenta la procedencia de los materiales usados en la presente tesis las cuales son:

- ) Agregado fino y grueso de la cantera “Cutimbo”.
- ) Cemento yura IP.
- ) Grafeno



**4.6.1 COSTO DEL CONCRETO PATRÓN:***Tabla 4.6. COSTO DEL CONCRETO PATRÓN.*

MATERIAL	CANTIDAD USADA PARA 1m <sup>3</sup>	CANTIDAD EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (soles)
CEMENTO	344.64 kg	8.1 bls	21.5	174.15
AGUA	193.25 lt	0.19 m <sup>3</sup>	3	0.57
A. FINO	663.46 kg	0.41 m <sup>3</sup>	45	18.45
A. GRUESO	1081.18 kg	0.67 m <sup>3</sup>	35	23.45
COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> DE CONCRETO (soles)				216.62

FUENTE: Elaboración Propia.

**4.6.2 COSTO DEL CONCRETO CON ADITIVO:***Tabla 4.7. COSTO DEL CONCRETO CON GRAFENO*

MATERIAL	CANTIDAD USADA PARA 1m <sup>3</sup>	CANTIDAD EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (soles)
CEMENTO	344.64 kg	8.1 bls	21.5	174.15
AGUA	193.25 lt	0.19 m <sup>3</sup>	3	0.57
A. FINO	663.46 kg	0.41 m <sup>3</sup>	45	18.45
A. GRUESO	1081.18 kg	0.67 m <sup>3</sup>	35	23.45
COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> DE CONCRETO (soles)				216.62
GRAFENO 0.5%	1.72 kg		60	103.2
COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> DE CONCRETO (soles)				319.82
GRAFENO 1%	3.44 kg		60	206.4
COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> DE CONCRETO (soles)				671.32
GRAFENO 1.5%	5.16 kg		60	309.6
COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> DE CONCRETO (soles)				1610.34

FUENTE: Elaboración Propia.

### 4.6.3 COMPARACIÓN DE COSTOS

Tabla 4.8. COMPARACIÓN DE COSTOS.

TIPO DE CONCRETO	COSTO TOTAL PARA 1m <sup>3</sup> (soles)
CONCRETO PATRÓN	216.62
GRAFENO 0.5%	319.82
GRAFENO 1%	423.02
GRAFENO 1.5%	526.22

FUENTE: Elaboración Propia.

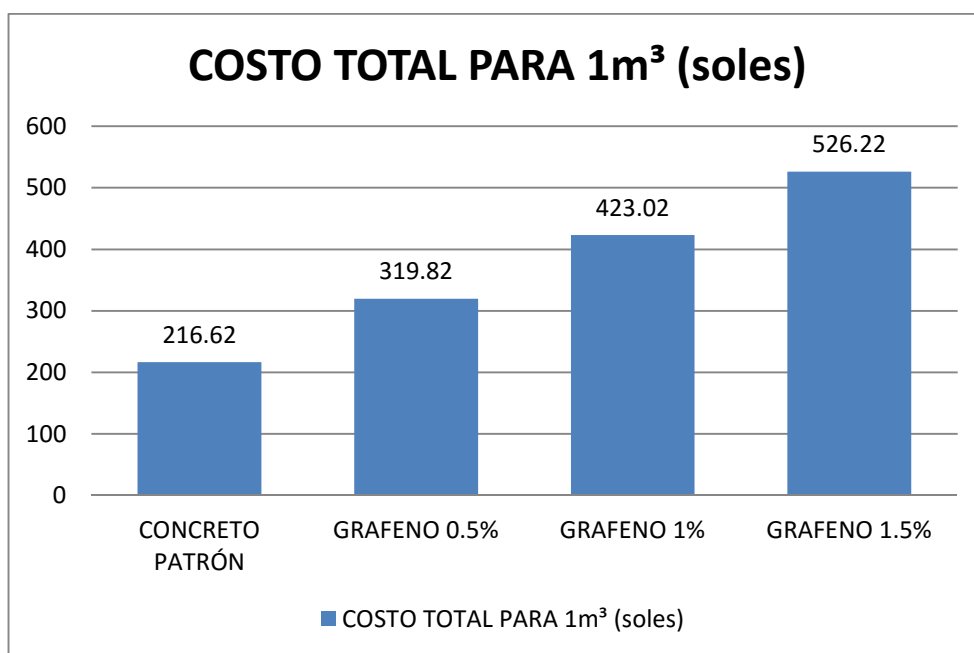


Grafico 25 Comparación de costos y tipo de concreto.

## CAPITULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La mejora que produce el concreto con grafeno respecto al concreto patrón es de un 26% en resistencia a compresión, incrementa su consistencia y acelera su tiempo de fragua.
- La dosis óptima para concreto es de 0.5% (del peso del cemento)
- El concreto con grafeno mejora la trabajabilidad del concreto subiendo de 4.4pulg a 5.5pulg en el ensayo de asentamiento.
- El costo del concreto con grafeno se incrementa en un 47% respecto al concreto patrón para la dosis optima de 0.5% de grafeno, pero el beneficio obtenido es que se tendrá un concreto con resistencias finales superiores a 210kg/cm<sup>2</sup>
- La resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad.
- Todos los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando investigaciones con aditivos nanotecnológicos ya que en un futuro no muy lejano revolucionara la industria y tecnologia

- Se debe de tener cuidado al hacer los ensayos físicos de los agregados en especial el peso específico pues este determina la resistencia, la absorción y el aporte de agua a la mezcla.
- Se debe tener mucho cuidado al momento de agregar la grafeno a la mezcla puesto que al ser un polvo muy fino existe desperdicios al momento de mezclado.
- Hacer una corrección por humedad cada vez que se va hacer un diseño para tener un buen control y no variar la consistencia.
- La elaboración de estos tipos de concretos debe ser estrictamente controlada tanto en la temperatura y la humedad relativa.
- Mantener el curado bajo agua a temperatura constante de  $23\pm 2$  °C hasta la fecha de ensayo.
- Se debe de tener en buen estado las almohadillas de neopreno, cambiarlas en caso de deterioro, pues una en mal estado disminuye la resistencia en el momento de la rotura.
- El agregado fino debe ser arena gruesa (menor contenido de material fino) con lo cual se obtienen mejores resultados al usarla.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Reglamento nacional de edificaciones.* (2015). Lima: Megabyte.
- A.C.I. (1974). *Control de calidad del concreto.* México: instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C.
- Abanto Castillo, F. (1995). *Tecnología del concreto.* Lima: San Marcos.
- Abanto, F. (2003). Tecnología del Concreto. En F. Abanto, *Tecnología del concreto* (págs. 65-78). Lima: San marcos.
- Aguilar, R. (2007). *Determinacion de la influencia de las nanomoleculas de silice en el concreto frente a un factor que afecte su durabilidad.* Chile: Valdivia.
- Alkhateb, H. (2013). Materials genome for graphene-cement nanocomposites for infrastructure applications. *Department of Civil Engineering, University of Mississippi*, 14-32.
- ASOCEM, A. d. (2014). *Pavimentos de hormigón: Una alternativa inteligente y sostenible.* Lima: IECA - Instituto español del cemento y sus aplicaciones.
- Babak, F. (2014). Preparation and Mechanical Properties of Graphene Oxide:Cement Nanocomposites. *Hindawi Publishing Corporation*, 12-36.
- Bossink B., B. H. (1996). *Construction Waste: Quantification and Source.* Journal of Construction Engineering and Management.
- C. P. (2011). *RECICLADO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN.* Madrid.
- Carlos Aguilar, M. P. (2005). *Utilización del hormigón reciclado como material de reemplazo de árido grueso para la fabricación de hormigones.* Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- Chauveinc, J. A. (2011). *Estudio experimental de propiedades mecánicas de hormigones con árido reciclado mediante la modificación del método de*

*mezclado del hormigón*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Construcción, C. P. (2010). *Costos y presupuestos en edificación*. Lima: CAPECO.

Del Castillo, D. (2012). *Introducción a los Nano materiales*. C. Mexico: UNAM.

Díaz, J. S. (2009). *Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto*. Bucaramanga: Facultad de ingeniería civil.

Estuardo M., G. A. (2012). *Edística y Probabilidades*. Santiago: Universidad católica de la santísima concepción.

Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Forster, S. W. (1986). *Recycled Concrete as Aggregate*. Concrete International.

GERD. (2008 - 2011). *Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición*. España: Proyecto GERD.

Gutarra, A. A. (2012). *El Grafeno y sus posibilidades de impacto en la industria minera*. Lima: CEPLAN.

Jaramillo, G. (1995). *Que nada ni nadie sea desecho: Aspectos educativos en el manejo de residuos sólidos*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.

Landa, C. G. (2009). *Características mecánicas de concretos reciclados fabricados*. Xapala: Facultad de Ingeniería Civil.

Mendizabal, G. (2009). Mensaje del Centro HOMA Chucuito. *Reportero Villarrealino* N° 51, 18-19.

Michel Venuat, M. P. (1966). *Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones*. Bilbao: Urmo.

MTC. (s.f.). *ABRACION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")* MTC E 207 – 2000. Lima: ICG.

MTC. (s.f.). *ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS*

*MTC E 204 – 2000. Lima: ICG.*

MTC. (s.f.). *ARCILLA EN TERRONES Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES*

*(FRIABLES) EN AGREGADOS MTC E 212 – 2000. Lima: ICG.*

MTC. (s.f.). *CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ (N° 200)*

*MTC E 202 – 2000. Lima: ICG.*

MTC. (s.f.). *GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS*

*MTC E 205 – 2000. Lma: ICG.*

MTC. (s.f.). *IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO MTC E 213 – 2000.*

Lima: ICG.

MTC. (s.f.). *MUESTREO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MTC E 201 –*

*2000. Lima: ICG.*

MTC. (s.f.). *PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS MTC E*

*206 – 2000. Lima: ICG.*

MTC. (s.f.). *PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS MTC E 203 – 2000.*

Lima: ICG.

Muciño, A. (2009). Concreto nanotecnológico. *Razon y palabra*, 12-25.

Pasquel Carvajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima: Colegio de ingenieros del Perú.

Pasquel, E. (2006). Supervisión de Obras de Concreto. En E. Pasquel, *Supervisión de Obras de Concreto* (págs. 35-37). Lima: ACI.

Rivva López, E. (2010). *Diseño de mezclas*. Lima: I.C.G.

Rodríguez, M. B., & Lazo, I. M. (2005). *Guía de laboratorio de mecánica de suelos I*. Lima: U.N.I. - Departamento de construcción.

Suca, N. L. (s.f.). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Puno.

Toledo, C. D. (2006). *Hormigón reciclado*. Valdivia: Universidad austral de Chile.

- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 1*. México D.F.: LIMUSA.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 2*. México D.F.: Noriega.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 3*. México D.F.: Noriega.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 4*. México D.F.: Noriega.
- Zapata C., T. (2007). *Efecto del cemento puzolánico IP y acelerante de fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño*. Puno:  
UNAP.



# ANEXOS



## CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

### CERTIFICA:

Que el **Sr. HEBER CCOPA MAMANI**, con DNI 70166622 Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil y Arquitectura, ha realizado ensayos de laboratorio para la investigación de su tesis "EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO" del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- 01 ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso - fino).
- 01 determinación peso unitario de los agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de granulometría para agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de peso específico y absorción para agregado grueso.
- 01 ensayo de gravedad específica y absorción para agregado fino.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.

Puno C.U. EPIC, 25 de Mayo del 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-EICA

MSc. Ing. Gino P. Laque Córdova  
JEFE DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADOS FINO Y GRUESO**

SOLICITANTE	:	BACH. HEBER CCOPA MAMANI
PROYECTO	:	EFEECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	:	PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	:	CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	:	f'c = 210 kg/cm2
FECHA	:	11 de Noviembre del 2014

**AGREGADO FINO**

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	33.02	32.19	27.79
Peso de Tara + M. Humeda	306	256.35	303.56
Peso de Tara + M. Seca	295.33	247.76	292.83
Peso de Agua	10.67	8.59	10.73
Peso Muestra Seca	262.31	215.57	265.04
Contenido de humedad W%	4.07	3.98	4.05
Promedio cont. Humedad W%	4.03		

**AGREGADO GRUESO**

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	31.88	32.27	29.7
Peso de Tara + M. Humeda	824.35	877.02	775.03
Peso de Tara + M. Seca	805.62	857.11	757.16
Peso de Agua	18.73	19.91	17.87
Peso Muestra Seca	773.74	824.84	727.46
Contenido de humedad W%	2.42	2.41	2.46
Promedio cont. Humedad W%	2.43		





**PESO ESPECIFICO UNITARIO**  
**AGREGADOS FINO Y GRUESO**

SOLICITANTE	: BACH. HEBER CCOPA MAMANI
PROYECTO	: EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
FECHA	: 11 de Noviembre del 2014

**AGREGADO FINO**  
**PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	7340.000	7340.000	7340.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16090.000	16145.000	16080.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8750.000	8805.000	8740.000
VOLUMEN DEL MOLDE $\text{cm}^3$ ,	5503.177	5503.177	5503.177
PESO UNITARIO $\text{Gr/Cm}^3$ ,	1.590	1.600	1.588
PESO UNITARIO HUMEDO $\text{KG/M}^3$ ,		1593	
PESO UNITARIO SECO $\text{KG/M}^3$ .		1593	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	7340.000	7340.000	7340.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	16700.000	16635.000	16670.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	9360.000	9295.000	9330.000
VOLUMEN DEL MOLDE $\text{cm}^3$	5503.177	5503.177	5503.177
PESO UNITARIO $\text{Gr/Cm}^3$	1.701	1.689	1.695
PESO UNITARIO HUMEDO $\text{KG/M}^3$		1695	
PESO UNITARIO SECO $\text{KG/M}^3$		1695	

**AGREGADO GRUESO**  
**PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	5035.000	5035.000	5035.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	26710.000	26540.000	26745.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	21675.000	21505.000	21710.000
VOLUMEN DEL MOLDE $\text{cm}^3$	13600.000	13600.000	13600.000
PESO UNITARIO $\text{Gr/Cm}^3$	1.594	1.581	1.596
PESO UNITARIO HUMEDO $\text{KG/M}^3$		1590	
PESO UNITARIO SECO $\text{KG/M}^3$ .		1590	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	5035.000	5035.000	5035.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	27605.000	27315.000	27470.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	22570.000	22280.000	22435.000
VOLUMEN DEL MOLDE $\text{cm}^3$	13600.000	13600.000	13600.000
PESO UNITARIO $\text{Gr/Cm}^3$	1.660	1.638	1.650
PESO UNITARIO HUMEDO $\text{KG/M}^3$		1649	
PESO UNITARIO SECO $\text{KG/M}^3$		1649	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN**  
**AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA DISEÑO DE MEZCLAS**

SOLICITANTE	:	BACH. HEBER CCOPA MAMANI
PROYECTO	:	EFFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	:	PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	:	CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
FECHA	:	11 de Noviembre del 2014

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO**

I.- DATOS		
1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+PESO DEL PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	571.77
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +PESO DEL PICNOMETRO	403.55
3	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (HASTA SU CAPACIDAD MAXIMA 274ml)	411.94
4	PESO DEL PICNOMETRO	138.68
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	255.63
6	VOLUMEN DEL PICNOMETRO	274.00
7	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	264.87
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS: P.E.S. : $5/(3+5-1)$	2.67
2	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $5/(3+7-1)$	2.43
3	PORCENTAJE DE ABSORCION: $100 \times (7-5)/5$	3.61

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO**

I.- DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	962.47
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR.	988.52
3	VOLUMEN INICIAL EN LA PROBETA CC	500.00
4	VOLUMEN FINAL EN LA PROBETA CC.	893.00
5	VOLUMEN DE LA MUESTRA CC. (4-3)	393.00
II.- RESULTADOS		
6	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. $1/(3)$	2.45
7	PORCENTAJE DE ABSORCION: $100 \times (2-1)/1$	2.71





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN**  
**AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA DISEÑO DE MEZCLAS**

SOLICITANTE	:	BACH. HEBER CCOPA MAMANI
PROYECTO	:	EFFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	:	PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	:	CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	:	f'c = 210 kg/cm2
FECHA	:	11 de Noviembre del 2014

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO**

I.- DATOS		
1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+PESO DEL PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	571.77
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +PESO DEL PICNOMETRO	403.55
3	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (HASTA SU CAPACIDAD MAXIMA 274ml)	411.94
4	PESO DEL PICNOMETRO	138.68
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	255.63
6	VOLUMEN DEL PICNOMETRO	274.00
7	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	264.87
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS: P.E.S. : $5/(3+5-1)$	2.67
2	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $5/(3+7-1)$	2.43
3	PORCENTAJE DE ABSORCION: $100 \times (7-5)/5$	3.61

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO**

I.- DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	962.47
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR.	988.52
3	VOLUMEN INICIAL EN LA PROBETA CC	500.00
4	VOLUMEN FINAL EN LA PROBETA CC.	893.00
5	VOLUMEN DE LA MUESTRA CC. (4-3)	393.00
II.- RESULTADOS		
6	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. $1/(3)$	2.45
7	PORCENTAJE DE ABSORCION: $100 \times (2-1)/1$	2.71





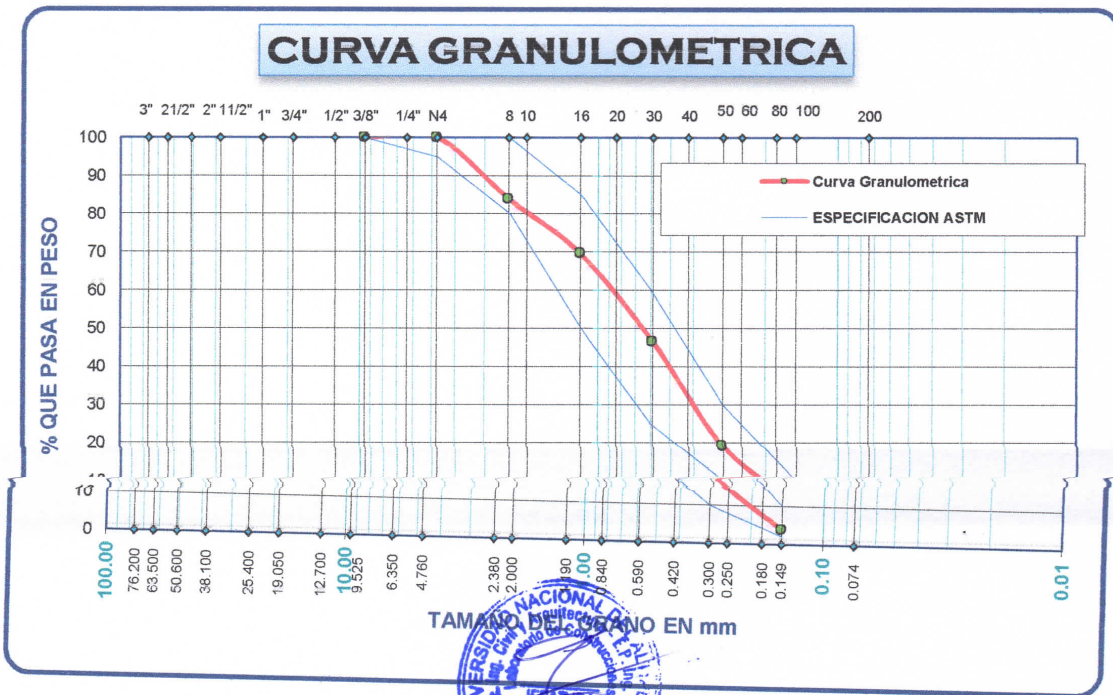
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )**

SOLICITANTE	:	BACH. HEBER COPA MAMANI
PROYECTO	:	EFEECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	:	PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	:	CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	:	f'c = 210 kg/cm2
FECHA	:	11 de Noviembre del 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P. I. 700.00 P. II. 695.46  P. I. : Peso Inicial P. II. : Peso después del ensayo
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 100	
No8	2.380	111.93	16.09	16.09	83.91	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	99.43	14.30	30.39	69.61	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	160.01	23.01	53.40	46.60	25 60	
No40	0.420						
No50	0.300	190.58	27.40	80.80	19.20	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	107.17	15.41	96.21	3.79	2 10	
No200	0.074	23.71	3.41	99.62	0.38		
BASE		2.63	0.38	100.00	0.00		El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 3.35
TOTAL		695.46	100.00				
% PERDIDA		0.6%					





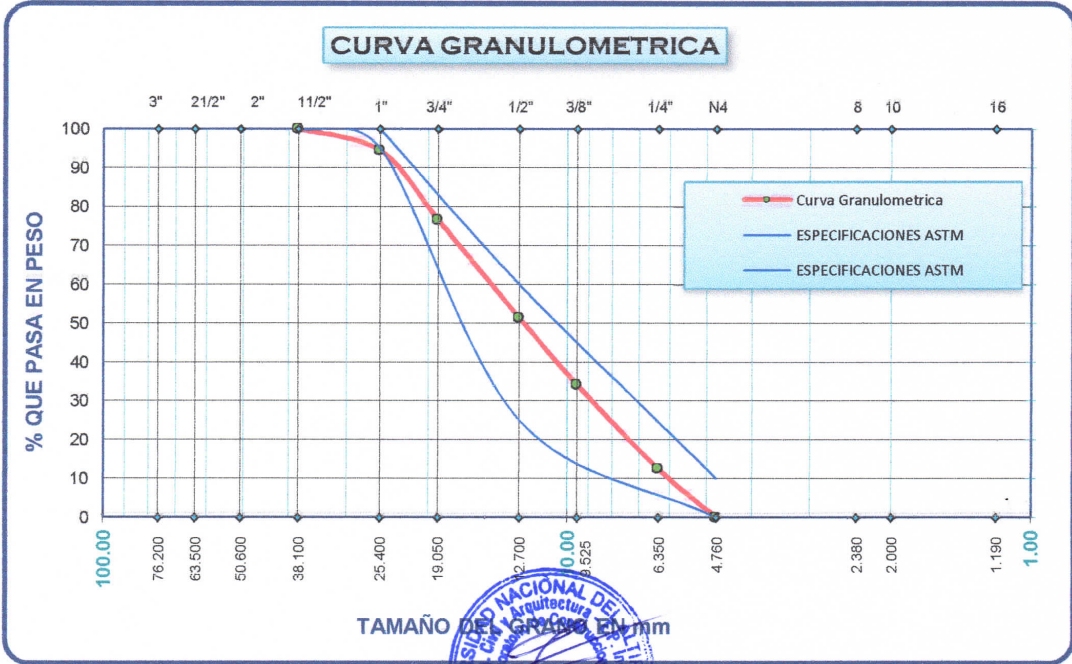
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



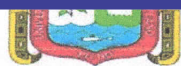
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )**

SOLICITANTE	: BACH. HEBER COOPA MAMANI
PROYECTO	: EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEGNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	: PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	: CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	: f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>
FECHA	: 11 de Noviembre del 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 1" ASTM C-33-54		TAMAÑO MAXIMO: 1" DESCRIP. DE LA MUESTRA
3"	76.200							P.M 6927.49
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100					100	100	
1"	25.400	386.82	5.58	5.58	94.42	95	100	
3/4"	19.050	1233.98	17.81	23.40	76.60			
1/2"	12.700	1746.45	25.21	48.61	51.39	25	60	
3/8"	9.525	1193.63	17.23	65.84	34.16			
1/4"	6.350	1497.91	21.62	87.46	12.54			
No4	4.760	868.70	12.54	100.00	0.00	0	10	
No8	2.380							MODULO DE FINEZA : 6.89
No10	2.000							
No16	1.190							
No20	0.840							
No30	0.590							
No40	0.420							
No50	0.300							
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149							
No200	0.074							
BASE TOTAL		6927.49	100.00					OBS: TAMIZAR POR LA MALLA N° 4 PARA SEPARAR EL AG. GRUESO Y FINO
% PERDIDA								







## DISEÑO DE MEZCLAS

CONCRETO  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

METODO: MODULO DE FINEZA

DISEÑO REALIZADO CON UNA RELACIÓN AGUA / CEMENTO: POR RESISTENCIA

SOLICITANTE	:	BACH. HEBER COOPA MAMANI
PROYECTO	:	EFFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTEKNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
UBICACIÓN	:	PUNO - PUNO - PUNO
MUESTRA	:	CANTERA CUTIMBO
DISEÑO	:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
FECHA	:	11 de Noviembre del 2014

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
			RUMI TIPO IP	FINO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		N° 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.82	2.67	2.45
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3		1593	1590
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3		1695	1649
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		4.03	2.43
ABSORCION	%		3.61	2.71
MODULO DE FINEZA			2.77	6.89

### DOSIFICACION

$f'c$ PROM. $f'cr$ (Kg/m <sup>2</sup> )	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m <sup>3</sup> )	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m <sup>3</sup> )	Factor cem. FC (bol/m <sup>3</sup> )	$m^f$ Comb. De Agreg.
294	1"	3" - 4"	193	1.5	0.56	344.64	8.11	5.419

### CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

CALCULO DE $R_r$ (%)	35.74
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS	0.670

### DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.122	344.643		344.64	1.00
AGREGADO FINO	0.239	637.741	2.7	663.47	1.93
AGREGADO GRUESO	0.431	1055.533	-2.9	1081.19	3.14
AGUA	0.193	193.000	-0.3	193.25	0.56
AIRE	0.015				

Rel A/C Efectiva	0.56
------------------	------

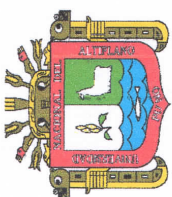


### DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P3	PROPORCION
CEMENTO	8.109	1.00
AGREGADO FINO	14.709	1.81
AGREGADO GRUESO	24.004	2.96
AGUA	0.561	0.56

OBSERVACIONES:

El muestreo fue realizado por el solicitante a su entera responsabilidad y



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE LABORATORIO  
 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

Proyecto :	EFFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
Solicitante :	BACH. HEBER COOPA MAMANI
Lugar :	UNA - PUNO
f c = Kg/cm2. :	INDICADA
Estructura :	INDICADA
PAG.:	1 / 1
FECHA:	25/05/2017
Operador:	Personal Laboratorio

PROBETA Nº o DESCRIPCION	SLUM Pulg.	Peso (g) Especimen	FECHA DE MOLDEO	EDAD dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1. CONCRETO PATRON	---	12225	18/11/2014	7	25/11/2014	22130	179	124	210	59%
2. CONCRETO PATRON	---	12060	18/11/2014	7	25/11/2014	22120	176	126	210	60%
3. CONCRETO PATRON	---	12250	18/11/2014	7	25/11/2014	22190	176	126	210	60%
4. CONCRETO PATRON	---	12190	18/11/2014	7	25/11/2014	22280	173	128	210	61%
5. CONCRETO PATRON	---	12325	18/11/2014	7	25/11/2014	22530	176	128	210	61%
6. CONCRETO PATRON	---	12355	18/11/2014	14	02/12/2014	35140	177	199	210	95%
7. CONCRETO PATRON	---	12235	18/11/2014	14	02/12/2014	35000	178	196	210	93%
8. CONCRETO PATRON	---	12175	18/11/2014	14	02/12/2014	36480	179	204	210	97%
9. CONCRETO PATRON	---	12285	18/11/2014	14	02/12/2014	31340	178	176	210	84%
10. CONCRETO PATRON	---	12195	18/11/2014	14	02/12/2014	36190	174	208	210	99%
11. CONCRETO PATRON	---	12207	18/11/2014	28	16/12/2014	38057	179	212	210	101%
12. CONCRETO PATRON	---	11433	18/11/2014	28	16/12/2014	38834	179	217	210	103%
13. CONCRETO PATRON	---	11919	18/11/2014	28	16/12/2014	38150	178	214	210	102%
14. CONCRETO PATRON	---	12200	18/11/2014	28	16/12/2014	38055	177	215	210	102%
15. CONCRETO PATRON	---	11983	18/11/2014	28	16/12/2014	38087	174	218	211	104%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes fueron proporcionados por el peticionario.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-ICA  
 MSC. Jorge Giffort Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)

**CONTROL DE LABORATORIO  
 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

Proyecto :	EFFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
Solicitante :	BACH. HEBER COOPA MAMANI
Lugar :	UNA - PUNO
f c = Kg/cm2. :	INDICADA
Estructura :	INDICADA
PAG.:	1 / 1
FECHA:	25/05/2017
Operador:	Personal Laboratorio

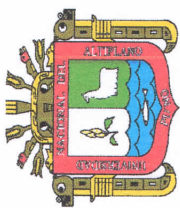
PROBETA Nº o DESCRIPCION	SLUM Pulg.	Peso (g) Especimen	FECHA DE MOLDEO	EDAD dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12235	19/11/2014	7	26/11/2014	29490	177	167	210	79%
2. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12160	19/11/2014	7	26/11/2014	29800	173	172	210	82%
3. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12250	19/11/2014	7	26/11/2014	30360	171	178	210	85%
4. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12490	19/11/2014	7	26/11/2014	29750	172	172	210	82%
5. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12330	19/11/2014	7	26/11/2014	29730	172	173	210	83%
6. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12255	19/11/2014	14	03/12/2014	40580	180	226	210	108%
7. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12235	19/11/2014	14	03/12/2014	40370	175	231	210	110%
8. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12375	19/11/2014	14	03/12/2014	40730	179	227	210	108%
9. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12285	19/11/2014	14	03/12/2014	40440	179	226	210	108%
10. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12295	19/11/2014	14	03/12/2014	40690	177	230	210	110%
11. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12197	19/11/2014	28	17/12/2014	43720	181	242	210	115%
12. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12333	19/11/2014	28	17/12/2014	43510	181	240	210	114%
13. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12619	19/11/2014	28	17/12/2014	43750	182	241	210	115%
14. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12270	19/11/2014	28	17/12/2014	43400	176	246	210	117%
15. CONCRETO PATRON + 0.5% DE GRAFENO	---	12983	19/11/2014	28	17/12/2014	43630	174	250	210	119%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes fueron proporcionados por el peticionario.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA

MS. C. Ing. F. Jaque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE LABORATORIO  
 PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

Proyecto :	EFEECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
Solicitante :	BACH. HEBER CCOPA MAMANI
Lugar :	UNA - PUNO
f'c = Kg/cm2. :	INDICADA
Estructura :	INDICADA
PAG.:	1 / 1
FECHA:	25/05/2017
Operador:	Personal Laboratorio

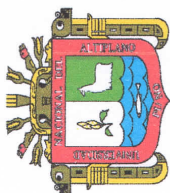
PROBETA N° o DESCRIPCION	SLUM Pulg.	Peso (g) Especimen	FECHA DE MOLDEO	EDAD dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2
1. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12380	20/11/2014	7	27/11/2014	31600	173	183	210
2. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12255	20/11/2014	7	27/11/2014	31350	171	183	210
3. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12375	20/11/2014	7	27/11/2014	31080	173	180	210
4. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12275	20/11/2014	7	27/11/2014	31530	171	185	210
5. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12400	20/11/2014	7	27/11/2014	31330	173	181	210
6. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12155	20/11/2014	14	04/12/2014	41280	177	233	210
7. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	11433	20/11/2014	14	04/12/2014	41730	177	236	210
8. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	11919	20/11/2014	14	04/12/2014	40880	175	234	210
9. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12285	20/11/2014	14	04/12/2014	40980	184	223	210
10. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12195	20/11/2014	14	04/12/2014	40840	171	238	210
11. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12285	20/11/2014	28	18/12/2014	43870	177	248	210
12. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12195	20/11/2014	28	18/12/2014	43530	176	247	210
13. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	11919	20/11/2014	28	18/12/2014	43810	177	247	210
14. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	12270	20/11/2014	28	18/12/2014	43510	177	246	210
15. CONCRETO PATRON + 1% DE GRAFENO	---	11996	20/11/2014	28	18/12/2014	43730	174	251	210

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes fueron proporcionados por el peticionario.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FIBR

MSC. ING. EDDY F. LAQUE CORDOVA  
 JEFE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ingeniería - E.F. Ing. Civil  
 Laboratorio de Construcciones  
 JEFATURA  
 PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE LABORATORIO**  
**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

Proyecto :	EFEECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
Solicitante :	BACH. HEBER COOPA MAMANI
Lugar :	UNA - PUNO
f c = Kg/cm2. :	INDICADA
Estructura :	INDICADA
PAG.:	1 / 1
FECHA:	25/05/2017
Operador:	Personal Laboratorio

PROBETA N° o DESCRIPCION	SLUM Pulg.	Peso (g) Especimen	FECHA DE MOLDEO	EDAD dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL Kg	AREA cm2	RESISTENCIA f'c=Kg/Cm2	DISEÑO f'c =Kg/cm2	% Resist.
1. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12375	21/11/2014	7	28/11/2014	34030	174	195	210	93%
2. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12150	21/11/2014	7	28/11/2014	33160	179	185	210	88%
3. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12125	21/11/2014	7	28/11/2014	33230	174	191	210	91%
4. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12370	21/11/2014	7	28/11/2014	33730	177	190	210	91%
5. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12405	21/11/2014	7	28/11/2014	33295	171	194	210	93%
6. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12350	21/11/2014	14	05/12/2014	41480	176	235	210	112%
7. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	11830	21/11/2014	14	05/12/2014	41420	177	234	210	111%
8. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12319	21/11/2014	14	05/12/2014	41560	175	237	210	113%
9. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12230	21/11/2014	14	05/12/2014	41610	176	237	210	113%
10. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12190	21/11/2014	14	05/12/2014	41622	174	239	210	114%
11. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12240	21/11/2014	28	19/12/2014	43850	177	248	210	118%
12. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12167	21/11/2014	28	19/12/2014	43870	176	250	210	119%
13. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	11995	21/11/2014	28	19/12/2014	43790	176	249	210	119%
14. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12171	21/11/2014	28	19/12/2014	43590	178	245	210	117%
15. CONCRETO PATRON + 1.5% DE GRAFENO	---	12190	21/11/2014	28	19/12/2014	43829	174	252	210	120%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes fueron proporcionados por el peticionario.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Laboratorio de Construcciones  
 MSc. Dr. Cirilo F. Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO