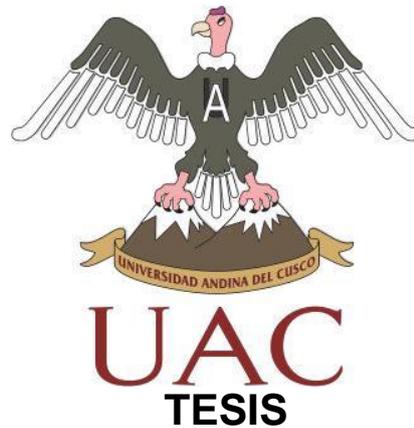




# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)”**

---

**Presentado por:**

Bach. FERDINAN M. SAAVEDRA ARGANDOÑA  
Bach. FERNANDO CCORIMANYA SOTA.

**Para obtener el Título Profesional de  
Ingeniero Civil**

**ASESOR:**

ING. MITSY ELENA GUDIEL CÁRDENAS.

**CUSCO – PERÚ**  
**2019**



## **DEDICATORIA**

A mi padre ejemplo de fortaleza y a mi madre que en esta vida fue fuente de inspiración en mi diario vivir.

A Gladys mi compañera que día a día está presente, por su comprensión y apoyo incondicional en cada momento.

A mi hijo Sergio Fabricio por su comprensión quien es inspiración y motor para mi superación diaria.

A mis hermanos, hermanas y sobrinos por todo su cariño que me brindan el día a día.

Ferdinan Mariano



## DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mis padres Grimaldo y Martha que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos y oportunidad, a mi esposa Soledad gracias por brindarme siempre su apoyo en momentos difíciles así como su paciencia y comprensión a mis hijos Gabrielito y Arianita por ser la fuerza y el motor de mi vida, que fueron parte muy importante en la elaboración de esta tesis, a mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindan a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

Fernando



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por darnos la oportunidad de vida y poner en nuestro camino a las personas idóneas quienes nos incentivaron y apoyaron en todo momento en el desarrollo de la presente investigación.*

*A nuestra asesora Ing Mitsy Elena Gudiel Cárdenas, por el apoyo brindado y habernos guiado en la elaboración de la presente tesis dándonos el respaldo profesional y la confianza, razones por la cual esta investigación tuvo el resultado esperado.*

*A todos nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes han compartido sus experiencias y transmitido sus conocimientos para nuestra formación no solo profesional sino también social a lo largo de nuestra estadía en la universidad.*

*A nuestros jurados dictaminantes Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza y Ing. María Milagros Olazaval Rodríguez, por haber contribuido con su conocimiento al desarrollo de la presente investigación.*

Ferdinan y Fernando



## RESUMEN

En la presente investigación se abordó el tema del **"Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)"**

Fue un estudio experimental con el empleo de perlas de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino al 10%, 20% y 30% en peso para luego ser sustituidos en volumen, entre los cuales brindan los concretos características físicas y mecánicas que se diferencian del concreto convencional.

Para llevar a cabo la experiencia se realizaron ensayos comparativos de probetas cúbicas de 6" de diámetro y 12" de altura de un concreto convencional patrón a una resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y de concretos reemplazados al 10%, 20% y 30% de porcentajes del peso para luego ser sustituidos en volumen con perlas de poliestireno expandido al agregado fino, diseñadas a una resistencia de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ .

Los concretos hechos con perlas poliestireno expandido resultaron beneficioso reemplazando hasta el 10%, demostrando el aumento de su resistencia y disminuyendo en el peso volumétrico en comparación con el concreto patrón diseñado para una resistencia al  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ .

En los concretos hechos con perlas de poliestireno expandido reemplazados al 20% y 30% al agregado fino se obtuvieron resultados menores en resistencia a compresión en comparación al concreto patrón; con respecto al peso volumétrico se obtuvo que hay una disminución de peso con respecto al concreto patrón.

Los concretos elaborado con perlas de poliestireno expandido, específicamente nos demostraron que existe una disminución con respecto a las cargas muertas como también a las cargas inerciales de sismo en la estructura, además de una disminución en el transporte de materiales, nos brinda mejor aislación acústica en las edificaciones, así como una mejor resistencia al fuego y al aislamiento térmico que la brindada por el concreto convencional.

Al finalizar el trabajo se llegó por medio de diversos ensayos del concreto a la conclusión, de que las perlas de poliestireno expandido reemplazados al agregado fino es parcialmente una buena alternativa ya que al 10% y 20% se puede considerar



como concreto estructural porque su resistencia a compresión supera los  $f'c = 170$  kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo al 30% se puede considerar como concreto estructural para concretos simples de acuerdo a la norma E-060, la resistencia a compresión promedio es de  $f' = 163.25$  kg/cm<sup>2</sup> que es superior a la que la norma indica a los 28 días de curado.

Con respecto al módulo de elasticidad se puede afirmar que los concretos sustituidos por perlas de poliestireno expandido al agregado fino en porcentajes su módulo de elasticidad es directamente proporcional a la cantidad de sustitución del agregado fino por perlas de poliestireno expandido hasta el 10% sin embargo es inversamente proporcional a la cantidad de sustitución del agregado fino por perlas de poliestireno expandido al 20% y 30% en comparación con el módulo elasticidad del concreto patrón a resistencia  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** Concreto patrón, resistencia a la compresión, peso volumétrico, módulo de elasticidad, perlas de poliestireno expandido.



## ABSTRACT

In the present investigation, the topic of **“Comparative analysis of the module of elasticity to compression and volumetric weight of concrete conventional and concrete light made with pearls of expanded polystyrene (PPE)”**

It was an experimental study of the use of expanded polystyrene beads in replacement of the fine aggregate at 10%, 20% and 30% in volume, among which they provide the concrete physical and mechanical characteristics that differentiate from conventional concrete.

In order to carry out the experiment, comparative tests of 6" diameter and 12" height cubic specimens of a standard concrete and of concrete replaced at 10%, 20% and 30% of percentages by volume with expanded polystyrene beads were carried out. fine aggregate.

The concretes made with expanded polystyrene beads turned out to be beneficial, replacing up to 10%, demonstrating the increase of their resistance and decreasing in the volumetric weight in comparison with the concrete pattern.

In the concrete made with expanded polystyrene pearls replaced at 20% and 30% at the fine aggregate were obtained were lower in compression resistance compared to the concrete pattern; with respect to the volumetric weight it was obtained that there is a decrease in weight with respect to the concrete pattern.

The concrete made with expanded polystyrene beads, specifically showed us that there is a decrease with respect to dead loads as well as inertial earthquake loads in the structure, in addition to a decrease in the transport of materials, better acoustic insulation in buildings as well as better resistance to fire and thermal insulation than that provided by conventional concrete

At the end of the work was reached by means of various tests to the concrete to the conclusion, that the expanded polystyrene pearls replaced the fine aggregate is partially a good alternative since 10% can be considered as structural concrete because its compressive strength exceeds the  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . However, 20% and 30% can be considered as non-structural concrete, since compressive strengths less than  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  were obtained.



"Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)"

---

With respect to the modulus of elasticity, it can be stated that the greater percentage of expanded polystyrene beads, the modulus of elasticity is directly proportional in substitution of the fine aggregate by expanded polystyrene beads to 10%, however it is inversely proportional to 20% and 30% substitution. % compared to the modulus elasticity of the concrete pattern  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Keywords:** Standard concrete, compressive resistance, volumetric weight, modulus of elasticity, expanded polystyrene beads.



## INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más usados en la actualidad en el ámbito de la construcción. Esto es a causa de las ventajas y características que posee este material, por tener un buen comportamiento a la resistencia a compresión, su buena durabilidad y resistencia a condiciones ambientales y su cualidad de ser moldeable.

Dentro de los diferentes tipos de concreto que existen, los concretos livianos tienen ventajas respecto a los concretos convencionales, principalmente por su bajo peso volumétrico y mayor elasticidad, por lo que presentan una mayor facilidad en cuanto a transporte y montaje de elementos estructurales, lo que al final se traduce en una economía en el empleo de estos concretos.

En esta investigación se elaboró un concreto patrón convencional y concretos sustituyendo el agregado fino por perlas de poliestireno expandido al 10%, 20% y 30% a una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , donde se evaluó la variación del módulo de elasticidad a compresión y el peso volumétrico de concretos livianos, de este modo obtener las variaciones que existen en los diferentes porcentajes de las magnitudes del módulo de elasticidad a compresión de concreto y del peso volumétrico del concreto.

En este trabajo de tesis se estudió el **"Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)"**, en el cual se reemplazaron sustituyendo el agregado fino por perlas de poliestireno expandido en distintos porcentajes en volumen. La propiedad estudiada en esta investigación es la Resistencia a la Compresión, el Peso Volumétrico y el Módulo de Elasticidad a Compresión del concreto aligerado.

El diseño de mezclas usada para esta investigación fue el método ACI para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para lo cual se usó cemento Yura tipo IP, agregado grueso, 50% de agregado fino provenientes de la cantera Chancadora del distrito de Chichero provincia de Urubamba del departamento de Cusco y 50% del agregado fino



proveniente de la cantera Cunyac de las riberas del río Apurímac ubicado en el distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, agua potable de la red pública de la ciudad de Cusco y perlas de poliestireno expandido proveniente de la ciudad de Lima que es expendido por Import Cusco en el distrito de San Jerónimo de la ciudad del Cusco.

Sobre los especímenes fabricados en el laboratorio se efectuaron los ensayo de resistencia a compresión con los parámetros de acuerdo a la NTP 339.034, para luego realizar el ensayo del módulo de elasticidad estático de acuerdo a los parámetros indicados en la norma ASTM C-469 y el RNE-060 ítem 8.5.1 para obtener el Módulo de Elasticidad a Compresión del concreto que es un parámetro que varía y depende del tipo de concreto, dosificación, del tipo y origen del agregado empleado, por las diferentes cargas experimentadas, la edad del concreto, la esbeltez, tamaño del espécimen y las características del cemento, las que serán evaluados en moldes cilíndricos.

Para la elaboración de este proyecto tomamos en referencia las investigaciones realizadas acerca de concretos livianos investigados en el año 2010 en la Escuela Politécnica del Litoral en el país de Ecuador por Luis Fernando Valdez Guzmán y Gabriel Eduardo Suarez Alcívar en su tesis titulada "**HORMIGONES LIVIANOS**" para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Esta investigación presenta información sobre los diferentes materiales como piedra pómez, ceniza de cascarilla de arroz, poliestireno expandido que se pueden usar como agregado fino en diferentes proporciones en la elaboración de concretos livianos o ligeros de esta tesis se puede referenciar para nuestra investigación las características físicas que brinda el concreto con las perlas de poliestireno expandido en comparación al concreto convencional.

La presente investigación surge en la necesidad de encontrar soluciones a la depredación de las canteras de origen natural y haciendo uso de agregados alternos en la elaboración de concreto como en esta investigación han sido consideradas las perlas de poliestireno expandido, que podrá mitigar en la desaparición de las canteras de origen natural, de tal manera estos concretos se puede aprovechar en las construcciones de estructuras de edificaciones disminuyendo las cargas muertas y las cargas inerciales de sismo, las perlas de poliestireno expandido es un material reutilizable que se puede reciclar así evitar la contaminación del medio ambiente.



En esta investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo primero está referido al Planteamiento del Problema.

Capítulo segundo está referido al Marco Teórico que se utilizó para el desarrollo de esta tesis.

Capítulo tercero se refiere a la Metodología en el cual detalla nuestra población de trabajo, instrumentos de recolección de datos, procedimiento de recolección y el análisis de datos

Capítulo cuarto se da a conocer los Resultados que se obtuvieron en la investigación realizada.

Capítulo quinto las Discusiones, Glosario de Términos, Conclusiones y Recomendaciones. Por último el anexo



### ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	vi
Introducción.....	viii
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
1 <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> .....	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1 Justificación técnica.....	2
1.2.2 Justificación social.....	3
1.2.3 Justificación por viabilidad.....	3
1.2.4 Justificación por relevancia.....	4
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1 Limitación geográfica de la investigación.....	4
1.3.2 Limitaciones del insumo “de perlas poliestireno expandido”.....	5
1.3.3 Limitación de canteras de la investigación.....	5
1.3.4 Limitaciones de diseño de mezcla.....	5
1.3.5 Limitaciones de propiedades mecánicas del concreto.....	6
1.3.6 Limitaciones de equipos de laboratorio.....	6
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>7</b>
2 <i>MARCO TEÓRICO</i> .....	7
2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS.....	7
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.....	7
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.....	8



2.2	ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....	9
2.2.1	Perlas de poliestireno expandido .....	9
2.2.2	Concreto. ....	14
2.2.3	Diseño de mezclas.....	43
2.2.4	Peso volumétrico del concreto .....	47
2.2.5	Resistencia de concreto a la compresión axial .....	48
2.2.6	Módulo de elasticidad .....	52
2.2.7	Fundamentos estadísticos .....	58
2.3	HIPÓTESIS.....	61
2.3.1	Hipótesis general .....	61
2.3.2	Sub hipótesis .....	61
2.4	VARIABLES E INDICADORES .....	62
2.4.1	Variables independientes.....	62
2.4.2	Variables dependientes.....	62
2.4.3	Operacionalización de variables .....	64
<i>CAPITULO III.....</i>		<i>65</i>
3	<i>METODOLOGÍA .....</i>	<i>65</i>
3.1	<i>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION .....</i>	<i>65</i>
3.1.1	<i>Tipo de investigación .....</i>	<i>65</i>
3.1.2	<i>Nivel de investigación .....</i>	<i>65</i>
3.1.3	<i>Método de la investigación.....</i>	<i>66</i>
3.2	<i>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>66</i>
3.2.1	<i>Diseño metodológico.....</i>	<i>66</i>
3.2.2	<i>Diseño de ingeniería .....</i>	<i>67</i>
3.3	<i>POBLACIÓN Y MUESTRA .....</i>	<i>70</i>
3.3.1	<i>Población .....</i>	<i>70</i>
3.3.2	<i>Muestra .....</i>	<i>70</i>
3.3.3	<i>Criterios de inclusión.....</i>	<i>71</i>
3.4	<i>INSTRUMENTOS .....</i>	<i>72</i>
3.4.1	<i>Instrumentos de recolección de datos.....</i>	<i>72</i>
3.4.2	<i>Fichas técnicas .....</i>	<i>73</i>
3.4.3	<i>Instrumentos de ingeniería.....</i>	<i>87</i>
3.5	<i>PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</i>	<i>88</i>



- 3.5.1 Procedimiento de recolección de datos de agregado fino.....88
- 3.5.2 Procedimiento de recolección de datos de agregado grueso .....98
- 3.5.3 Procedimiento de elaboración de concreto Patrón, 10% de PPE, 20% de PPE y 30% de PPE. (ACI-211) .....107
- 3.5.4 Procedimiento del peso volumétrico del concreto .....111
- 3.5.5 Procedimiento de ensayo de resistencia a la compresión Axial (ASTM-469, NTP 339-034) .....119
- 3.5.6 Procedimiento de ensayo de módulo de elasticidad (ASTM C-469) .....127
- 3.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS ..... 154
- 3.6.1 Análisis de granulometría de agregado fino .....154
- 3.6.2 Análisis de granulometría de agregado grueso.....157
- 3.6.3 Análisis del peso volumétrico de concreto .....161
- 3.6.4 Análisis estadístico del peso volumétrico.....167
- 3.6.5 Análisis del ensayo a compresión axial.....172
- 3.6.6 Análisis estadístico del ensayo de resistencia a compresión axial .....178
- 3.6.7 Análisis del ensayo de módulo de elasticidad.....183
- 3.6.8 Análisis estadístico del módulo de elasticidad a compresión.....207
- 3.6.9 Dosificaciones.....211
- CAPITULO IV* ..... 221
- 4 RESULTADOS*..... 221
- 4.1 RESULTADOS DE PESO VOLUMÉTRICO..... 221
- 4.1.1 Resultados de peso volumétrico de concreto por dosificación por el tiempo de curado. ....221
- 4.1.2 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días .....222
- 4.1.3 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días ..222
- 4.1.4 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días ..223
- 4.2 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ..... 224
- 4.2.1 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón por el tiempo de curado. ....224



4.2.2 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 10% al agregado fino por el tiempo de curado. ....224

4.2.3 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 20% al agregado fino por el tiempo de curado. ....225

4.2.4 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 30% al agregado fino por el tiempo de curado. ....226

4.2.5 Resultado comparativo de la resistencia a compresión de los concretos fabricados con sustitución a distintas dosificaciones de Perlas de poliestireno expandido .....226

4.2.6 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días.....227

4.2.7 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días.....228

4.2.8 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días.....228

4.2.9 Resultado de evolución de la resistencia a compresión por el tiempo de curado .....229

4.2.10 Resultados de evolución de la resistencia a compresión por el tiempo de curado .....230

4.3 RESULTADOS DE MODULO DE ELASTICIDAD..... 231

4.3.1 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto patrón por el tiempo de curado .....231

4.3.2 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 10% de PPE por el tiempo de curado .....231

4.3.3 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 20% de PPE por el tiempo de curado .....232

4.3.4 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 30% de PPE por el tiempo de curado .....233

4.3.5 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días ....233



"Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)"

4.3.6 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días. .234

4.3.7 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días. .235

4.3.8 Resultado de evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado.....235

4.3.9 Resultados de evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado.....236

4.3.10 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto patrón por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060.....237

4.3.11 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 10% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060 ....237

4.3.12 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 20% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060 ....238

4.3.13 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 30% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060 ....238

4.3.14 Módulo de Elasticidad de concretos por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060 .....239

4.3.15 Comparación de la evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado de resultados obtenidos en laboratorio entre la norma E-060 .....240

4.3.16 Comparación de la evolución del módulo de elasticidad a compresión de concretos en función al esfuerzo & deformación unitaria.....241

CAPITULO V..... 242

5 DISCUSIÓN..... 242

5.1 CONTRASTE DE MARCO TEÓRICO ..... 242

5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS..... 245

5.3 COMENTARIO DE LA DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... 246

5.4 APOORTE DE LA INVESTIGACIÓN..... 247

5.5 INCORPORACIÓN DE TEMAS NUEVOS ..... 248

GLOSARIO..... 250

GLOSARIO DE TÉRMINOS..... 253

CONCLUSIONES..... 254



"Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)"

---

RECOMENDACIONES .....	257
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	259



### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes químicos del cemento.....	17
Tabla 2: Secuencia de mallas.....	22
Tabla 3: Límites de granulometría según ASTM.....	23
Tabla 4: Límites granulométricos del agregado grueso .....	24
Tabla 5 : Factores de corrección para desviación .....	45
Tabla 6: Resistencia a la compresión promedio .....	46
Tabla 7: Factor corrección altura por diámetro .....	50
Tabla 8: Resistencia promedio requerida cuando hay desviación .....	51
Tabla 9 : Resistencia promedio requerida cuando no hay desviación en MPA .....	51
Tabla 10 : Factor de corrección de desviación cuando la muestra es menor a 30 ....	52
Tabla 11: Factores para el cálculo de la desviación Standard entre testigos. ....	60
Tabla 12: Clasificación del coeficiente de variación según INEI .....	60
Tabla 13: Valores de dispersión en el control del concreto. ....	61
Tabla 14: Ficha para granulometría de agregado fino.....	74
Tabla 15: Ficha para peso unitario y vacíos del agregado fino.....	75
Tabla 16: Ficha gravedad específica y absorción de agregado fino.....	76
Tabla 17: Ficha de contenido de humedad de agregado fino.....	77
Tabla 18: Ficha para granulometría de agregado grueso.....	78
Tabla 19: Ficha para peso unitario y vacío de agregado grueso suelto .....	79
Tabla 20: Ficha para peso unitario y vacío de agregado grueso varillado.....	80
Tabla 21: Ficha gravedad específica y absorción de agregado grueso.....	81
Tabla 22: Ficha de contenido de humedad de agregado grueso.....	82
Tabla 23: Ficha método de abrasión resistencia al desgaste del agregado grueso ..	83
Tabla 24: Ficha ensayo de peso volumétrico .....	84
Tabla 25: Ficha de control de producción y resistencia del concreto .....	85
Tabla 26: Fichas de control de módulo de elasticidad.....	86
Tabla 27: Datos granulometría agregado fino .....	90
Tabla 28: Datos peso unitario del agregado fino .....	93
Tabla 29: Datos gravedad específica y absorción de agregado fino .....	96
Tabla 30: Ficha datos contenido de humedad de agregado fino .....	97



Tabla 31: Datos granulometría agregado grueso ..... 100

Tabla 32: Datos peso unitario de agregado grueso ..... 103

Tabla 33: Datos gravedad específica y absorción de agreg. grueso ..... 105

Tabla 34: Datos de contenido de humedad de agregado grueso ..... 106

Tabla 35: Datos de resistencia al desgaste del agregado grueso ..... 107

Tabla 36: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 7 días ..... 113

Tabla 37: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituido de PPE. a los 7 días  
..... 113

Tabla 38: Datos peso volumétrico de concreto al 20% sustituido de PPE. a los 7 días  
..... 114

Tabla 39: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituido de PPE. a los 7 días  
..... 114

Tabla 40: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 21 días ..... 115

Tabla 41: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituidos de PPE. a los 21  
días..... 115

Tabla 42: Datos peso volumétrico de concreto al 20% sustituidos de PPE. a los 21  
días..... 116

Tabla 43: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituidos de PPE a los 21  
días..... 116

Tabla 44: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 28 días ..... 117

Tabla 45: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituidos de PPE a los 28  
días..... 117

Tabla 46: Datos peso volumétrico de concreto al 20% de sustituidos PPE a los 28  
días..... 118

Tabla 47: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituidos de PPE a los 28  
días..... 118

Tabla 48: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los  
7 días..... 121

Tabla 49: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE.  
a los 7 días ..... 121

Tabla 50: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 20% PPE.  
a los 7 días ..... 122



Tabla 51: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE.  
a los 7 días ..... 122

Tabla 52: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los  
21 días..... 123

Tabla 53: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE.  
a los 21 días ..... 123

Tabla 54: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 20% PPE.  
a los 21 días ..... 124

Tabla 55: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE.  
a los 21 días ..... 124

Tabla 56: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los  
28 días..... 125

Tabla 57: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE a  
los 28 días ..... 125

Tabla 58: Datos obtenidos de ensayo de compresión de concreto al 20% PPE a los  
28 días..... 126

Tabla 59: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE I  
a los 28 días ..... 126

Tabla 60: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 01 a los 7 días... 130

Tabla 61: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 02 a los 7 días... 131

Tabla 62: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 04 a los  
7 días..... 132

Tabla 63: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 05 a los  
7 días..... 133

Tabla 64: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los  
7 días..... 134

Tabla 65: Datos de Módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 05 a los  
7 días..... 135

Tabla 66: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 02 a los  
7 días..... 136

Tabla 67: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 03 a los  
7 días..... 137

Tabla 68: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 21 días. 138



Tabla 69: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 21 días. 139

Tabla 70: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 01 a los 21 días..... 140

Tabla 71: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 03 a los 21 días..... 141

Tabla 72: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 02 a los 21 días..... 142

Tabla 73: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los 21 días..... 143

Tabla 74: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 01 a los 21 días..... 144

Tabla 75: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 05 a los 21 días..... 145

Tabla 76: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 28 días. 146

Tabla 77: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 28 días 147

Tabla 78: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 01 a los 28 días..... 148

Tabla 79: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 06 a los 28 días..... 149

Tabla 80: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 02 a los 28 días..... 150

Tabla 81: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 03 a los 28 días..... 151

Tabla 82: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 01 a los 28 días..... 152

Tabla 83: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 06 a los 28 días..... 153

Tabla 84: Resultados para granulometría agregado fino..... 154

Tabla 85: Resultados para peso unitario del agregado fino ..... 155

Tabla 86: Resultados para gravedad específica y absorción de agregado fino ..... 156

Tabla 87: Resultados de contenido de humedad de agregado fino..... 156

Tabla 88: Resultados para granulometría de agregado grueso..... 157

Tabla 89: Análisis de peso unitario del agregado grueso ..... 158



Tabla 90: Análisis de gravedad específica y absorción de agregado grueso ..... 159

Tabla 91: Análisis de contenido de humedad de agregado grueso ..... 159

Tabla 92: Análisis resistencia al desgaste de agregado grueso ..... 160

Tabla 93: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 7 días 161

Tabla 94: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10% de PPE. a los 7 días..... 161

Tabla 95: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20% de PPE. a los 7 días..... 162

Tabla 96: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30% de PPE. a los 7 días..... 162

Tabla 97: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 21 días ..... 163

Tabla 98: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10% de PPE. a los 21 días..... 163

Tabla 99: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20% de PPE. a los 21 días..... 164

Tabla 100: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30 % de PPE. a los 21 días..... 164

Tabla 101: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 28 días ..... 165

Tabla 102: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10 % de PPE. a los 28 días ..... 165

Tabla 103: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20 % de PPE. a los 28 días ..... 166

Tabla 104: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30 % de PPE. a los 28 días ..... 166

Tabla 105: Peso volumétrico de concreto patrón por tiempo de curado..... 167

Tabla 106: Análisis estadístico de peso volumétrico de concreto patrón ..... 167

Tabla 107: Peso volumétrico de concreto al 10 % de PPE por el tiempo de curado ..... 168

Tabla 108: Análisis estadístico del peso volumétrico de concretos al 10% de PPE 168

Tabla 109: Peso volumétrico de concretos al 20% de PPE por tiempo de curado .. 169

Tabla 110: Análisis estadístico de concretos al 20% de PPE..... 169



Tabla 111: Peso volumétrico del concreto al 30% de PPE por tiempo de curado ... 170

Tabla 112: Análisis estadístico de concretos al 30% de PPE ..... 170

Tabla 113: Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 7 días  
..... 172

Tabla 114: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los  
7 días..... 172

Tabla 115: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. a los  
7 días..... 173

Tabla 116: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los  
7 días..... 173

Tabla 117: Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 21 días  
..... 174

Tabla 118: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los  
21 días..... 174

Tabla 119: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. a los  
21 días..... 175

Tabla 120: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los  
21 días..... 175

Tabla 121 Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 28 días  
..... 176

Tabla 122: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los  
28 días..... 176

Tabla 123: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. A  
los 28 días ..... 177

Tabla 124: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los  
28 días..... 177

Tabla 125: Resistencia a compresión de concreto patrón por tiempo de curado .... 178

Tabla 126: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concreto patrón .... 178

Tabla 127: Resistencia a compresión de concretos al 10 % de PPE por tiempo de  
curado ..... 179

Tabla 128: Análisis estadístico resistencia a compresión de concretos al 10% de  
PPE. .... 179



Tabla 129: Resistencia a compresión de concretos al 20 % de PPE. por tiempo de curado .....180

Tabla 130: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concretos al 20% PPE. ....180

Tabla 131: Resistencia a compresión de concretos al 30 % de PPE. por tiempo de curado .....181

Tabla 132: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concretos al 30% PPE .....181

Tabla 133: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 01 a los 7 días .....183

Tabla 134: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 02 a los 7 días .....184

Tabla 135: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 04 a los 7 días .....185

Tabla 136: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 05 a los 7 días .....186

Tabla 137: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los 7 días .....187

Tabla 138: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 05 a los 7 días .....188

Tabla 139: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 02 a los 7 días .....189

Tabla 140: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 03 a los 7 días .....190

Tabla 141: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 21 días .....191

Tabla 142: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 21 días .....192

Tabla 143: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al10% N° 01 a los 21 días .....193

Tabla 144: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 03 a los 21 días .....194



Tabla 145: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 02 a los 21 días .....195

Tabla 146: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 04 a los 21 días .....196

Tabla 147: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 01 a los 21 días .....197

Tabla 148: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 05 a los 21 días .....198

Tabla 149: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 28 días .....199

Tabla 150: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 28 días .....200

Tabla 151: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 01 a los 28 días .....201

Tabla 152: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 06 a los 28 días .....202

Tabla 153: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 02 a los 28 días .....203

Tabla 154: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 03 a los 28 días .....204

Tabla 155: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 01 a los 28 días .....205

Tabla 156: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 06 a los 28 días .....206

Tabla 157: Módulo de elasticidad de concreto patrón por el tiempo de curado.....207

Tabla 158: Análisis estadístico del concreto patrón.....207

Tabla 159: Módulo de elasticidad de concretos al 10% de PPE por el tiempo de curado .....208

Tabla 160: Análisis estadístico de concretos al 10% de PPE.....208

Tabla 161: Módulo de elasticidad de concretos al 20% de PPE. por el tiempo de curado .....209

Tabla 162: Análisis estadístico de concretos al 20% de PPE.....209



Tabla 163: Módulo de elasticidad de concretos al 30% de PPE. por el tiempo de curado .....210

Tabla 164: Análisis estadístico de concretos al 30% de PPE .....210

Tabla 165: Datos obtenidos en laboratorio .....211

Tabla 166: Tipo de asentamiento según tipo de estructuras .....212

Tabla 167: Resistencia a compresión promedio (  $f'_{cr}$  ).....212

Tabla 168: Volumen de agua según el tamaño máximo nominal y el asentamiento .....212

Tabla 169: Aire atrapado según el TMN del agregado grueso .....213

Tabla 170: Relación agua cemento .....213

Tabla 171: Volumen de agregado grueso .....214

Tabla 172: Volumen absoluto de materiales.....214

Tabla 173: Determinación de pesos absolutos de materiales .....215

Tabla 174: Dosificación de diseño de mezclas en pesos y volumen para 1 m3 de concreto.....216

Tabla 175: Dosificación de diseño de mezclas en proporciones de pesos y volúmenes para 1 m3 de concreto .....216

Tabla 176: : Diseño en peso para 1 m3 de concreto patrón .....216

Tabla 177: Diseño en volumen para 1 m3 de concreto patrón .....217

Tabla 178: Medidas de una briquea 6"x12" .....218

Tabla 179: iseño de mezcla en peso para concreto patrón (18 testigos) .....218

Tabla 180: Diseño de mezcla en peso para concreto patrón (18 testigos) .....218

Tabla 181: Diseño de mezcla en peso con 10% de PPE .....218

Tabla 182: Diseño mezcla en volumen con 10% de PPE.....219

Tabla 183: Diseño de mezcla en peso con 20% de PPE .....219

Tabla 184: Diseño mezcla en volumen con 20% de PPE.....220

Tabla 185: Diseño de mezcla en peso con 30% de PPE .....220

Tabla 186: Diseño de mezcla en volumen con 30% de PPE.....220

Tabla 187: Evolución de peso volumétrico de concretos.....221

Tabla 188: Peso volumétrico de los concretos a los 7 días .....222

Tabla 189: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 21 días.....222

Tabla 190: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 28 días.....223

Tabla 191: Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón .....224



Tabla 192: Evolución de resistencia a compresión de concreto con 10% de PPE. .224

Tabla 193: Evolución de resistencia a compresión de concreto con 20% de PPE. .225

Tabla 194: Evolución resistencia a compresión de concreto 30% con PPE .....226

Tabla 195: Comparación de concretos con sustitución de PPE .....226

Tabla 196: Comparación de concretos a los 7 días.....227

Tabla 197: Comparación de concretos a los 21 días.....228

Tabla 198: Comparación de concretos a los 28 días.....228

Tabla 199: Evolución de la resistencia por tiempo de curado.....229

Tabla 200: Módulo de elasticidad de concreto patrón .....231

Tabla 201: Módulo de elasticidad de concreto con 10% de sustitución de PPE .....231

Tabla 202: Módulo de elasticidad de concreto con 20% de sustitución de PPE .....232

Tabla 203: Módulo de elasticidad de concreto con 30% de sustitución de PPE .....233

Tabla 204: Módulo de elasticidad de concretos a los 7 días .....233

Tabla 205: Módulo de elasticidad de concretos a los 21 días .....234

Tabla 206: Módulo de elasticidad de concretos a los 28 días .....235

Tabla 207: Evolución del módulo de elasticidad por tiempo de curado .....235

Tabla 208: Módulo de elasticidad de concreto patrón laboratorio y NTP E-060.....237

Tabla 209: Módulo de elasticidad de concreto al 10% de PPE laboratorio y NTP E-060 .....237

Tabla 210: Módulo de elasticidad de concreto al 20% de PPE laboratorio y NTP E-060 .....238

Tabla 211: Módulo de elasticidad de concreto al 30% de PPE laboratorio y NTP E-060 .....238

Tabla 212: Módulo de Elasticidad de concretos de laboratorio con la NTP E-060 .239





Figura 35: Cuarteo de agregado grueso.....98

Figura 36: Colocado de agregado grueso a tamices .....99

Figura 37: Tamizado de agregado en maquina tamizadora .....99

Figura 38: Pesado de agregado retenido en cada tamiz .....100

Figura 39: Cuarteo de agregado grueso para peso unitario .....101

Figura 40: Altura de molde    Figura 41: Diámetro de molde.....101

Figura 42: Pesado de molde más agregado sin varillado .....102

Figura 43: Colocado de material a los 1/3 del molde    Figura 44: Varillado de material .....102

Figura 45: Pesado de molde más material varillado .....102

Figura 46: Muestra de A. grueso    Figura 47: Cuarteo de la muestra.....104

Figura 48: Material saturado.....104

Figura 49: secado de material saturado .....104

Figura 50: Peso de material seco .....105

Figura 51: Pesado de agregados    Figura 52: Peso de PPE.....108

Figura 53: Perlas de poliestireno expandido    Figura 54: Preparación de mezcla..108

Figura 55: Mezcla de concreto .....109

Figura 56: Prueba de slum    Figura 57: Medida asentamiento del concreto .....109

Figura 58: Limpieza de briquetas .....109

Figura 59: Preparación de testigos.....110

Figura 60: fraguado de concreto.....110

Figura 61: Desencofrado y etiquetado de briquetas .....111

Figura 62: Pesado de testigos .....111

Figura 63: Medición de diámetro    Figura 64: Medición de altura.....111

Figura 65: Pesado de testigos    Figura 66: Pesado de Testigos por dosificación .112

Figura 67: Secado de testigos .....119

Figura 68: Maquina de rotura    Figura 69: Lectura de resistencia .....119

Figura 70: Pantalla de datos    Figura 71: Falla de testigo .....120

Figura 72: Falla de patrón    Figura 73: Rotura de testigo de concreto con PPE ....120

Figura 74: Ubicación del punto medio    Figura 75: Ubicación del equidistante .....127

Figura 76: colocación de anillo    Figura 77: nivelación de anillo.....128

Figura 78: Distancias extremas del testigo    Figura 79: Distancia del punto medio128

Figura 80: Obtención de deformación    Figura 81: lectura de compresómetro .....128



Figura 82: Muestras de rotura ..... 129

Figura 83: Granulometría de agregado fino..... 154

Figura 84: Granulometría de agregado grueso..... 157

Figura 85: Dosificación en pesos del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.....217

Figura 86: Dosificación en volumen del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.....217

Figura 87: Evolución del peso volumétrico de concretos.....221

Figura 88: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 7 días .....222

Figura 89: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 21 días .....223

Figura 90: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 28 días .....223

Figura 91: Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón .....224

Figura 92: Evolución de resistencia a compresión al 10% de PPE .....225

Figura 93: Evolución de resistencia a compresión al 20% de PPE. ....225

Figura 94: Evolución de resistencia a compresión al 30% de PPE .....226

Figura 95: Evolución de resistencia de concreto sustituidos con PPE. a distintas dosificaciones .....227

Figura 96: Comparación de los concreto a los 7 días.....227

Figura 97: Comparación de los concreto a los 21 días.....228

Figura 98: Comparación de los concretos a los 28 días .....229

Figura 99: Comparación general de la evolución de la resistencia a compresión ...230

Figura 100: Evolución de concreto patrón .....231

Figura 101: Módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE .....232

Figura 102: Evolución de concreto con 20% de PPE .....232

Figura 103: Evolución de concreto con 30% de PPE .....233

Figura 104: Comparación de módulo de elasticidad a los 7 días .....234

Figura 105: Comparación del módulo de elasticidad a los 21 días.....234

Figura 106: Comparación del módulo de elasticidad a los 28 días.....235

Figura 107: Comparación general de la evolución del módulo de elasticidad .....236

Figura 108: Módulo de elasticidad de concreto al 30% PPE de laboratorio y NTP E-060 .....237

Figura 109: Módulo de elasticidad de concreto al 10% PPE de laboratorio y NTP E-060 .....237

Figura 110: Módulo de elasticidad de concreto al 20% PPE de laboratorio y NTP E-060 .....238



Figura 111: Módulo de elasticidad de concreto al 30% PPE de laboratorio y NTP E-060 .....238

Figura 112: Comparación de resultados del módulo de elasticidad de laboratorio entre la NTP E-060.....240

Figura 113: Evolución de Modulo de Elasticidad en función al esfuerzo y deformación unitaria a los 28 días .....241



## CAPITULO I

### 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

##### 1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad en la región del Cusco en el área de las construcciones generalmente se viene trabajando en base a concreto convencional, presentando este concreto un comportamiento de resistencia a la compresión estándar, y obteniéndose mayor peso volumétrico de concreto debido al uso exclusivo de los agregados de origen natural o mecánico, el cual aumenta las cargas muertas y cargas inerciales de sismo en las estructuras de las edificaciones de nuestra región.

Por lo que se observa que en nuestra región no existen investigaciones que ayuden a que los materiales tengan comportamiento elásticos que soporten las deformaciones y que vuelvan a su estado inicial después haber aplicado una carga y aligerar el peso volumétrico del concreto y en solucionar la disminución de las cargas muertas y cargas inerciales de sismo por lo que se propone reemplazar al agregado fino por perlas de poliestireno expandido en 10%, 20% y 30% en peso para luego sustituir en volumen el peso del agregado fino. Este reemplazo nos ayudará en obtener una disminución sustancial del peso volumétrico del concreto de uso estructural y la disminución en la rigidez aumentando su deformación.

##### 1.1.2 Formulación interrogativa del problema

###### 1.1.2.1 Formulación Interrogativa del problema general

¿Cuál son las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto ligero fabricado con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido respecto a las magnitudes de la



resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional con agregados de las canteras de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días?

### 1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

1. ¿Cuál será el porcentaje de perlas de poliestireno expandido reemplazando al 10%, 20% y 30% al concreto que permita a la vez obtener la máxima resistencia a compresión y un menor peso volumétrico del concreto sustituido en comparación con el concreto convencional?
2. ¿Cómo evoluciona la resistencia a compresión de concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido en relación a la resistencia a compresión del concreto convencional a los 7, 21 y 28 días?
3. ¿Cuál es la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido en comparación a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión del concreto convencional evaluados a 7, 21 y 28 días?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.2.1 Justificación técnica

- La presente investigación se justifica técnicamente porque su contenido se encuentra en el ámbito de la Ingeniería Civil, los aspectos teóricos y prácticos que son abordados para esta investigación se encuentran en el marco de los lineamientos de las ramas de la Ingeniería Civil como los cursos de Materiales de Construcción, Tecnología de Concreto, Estructuras y construcciones que son usados puntualmente en la selección de las propiedades mecánicas de los materiales, la resistencia, peso volumétrico y módulo de elasticidad del concreto
- Las edificaciones de concreto son muy importantes en la vida cotidiana de las personas para el normal desarrollo de sus actividades y demás requerimiento para su servicio es por tal motivo que actualmente se necesita de diseños de estructuras más resistentes y de pesos volumétricos aligerados con el mayor aprovechamiento de los espacios.



- Es importante el uso de las perlas de poliestireno expandido en la fabricación del concreto ya que este influenciará en su recuperación de las deformaciones a su estado inicial al momento de que se deje ejercer una carga como también se logrará el aligeramiento de las cargas muertas y cargas inerciales de sismo en comparación al concreto convencional.
- En la Ingeniería Estructural el módulo de elasticidad es uno de los parámetros más importantes en el proceso de análisis y diseño estático o dinámico de edificios, ya que este valor tiene relación directa con la rigidez y ésta a su vez con las deformaciones. La elasticidad es la propiedad que hace que los materiales elásticos se deformen y vuelvan a su forma inicial después de cesar la carga aplicada sin que se generen deformaciones residuales, siempre y cuando esta carga no obligue al límite de deformación; pues, una vez que sobrepasan este límite entran al rango plástico donde las deformaciones residuales permanecen.

### 1.2.2 Justificación social

- Esta investigación se justifica porque va dirigido directamente a los estudiantes de la Universidad Andina de Cusco y otras universidades de la región de Cusco. En caso de ser publicada la presente investigación puede ser usado por la colectividad dedicados al rubro de construcción.
- En la actualidad el crecimiento de las construcciones en nuestra región tiene una alta demanda por lo que, esta investigación facilitará en las construcciones sometidas a cargas que tengan mayor elasticidad en sus deformaciones como aligerar el peso de la construcción y disminuyendo el costo del concreto.

### 1.2.3 Justificación por viabilidad.

- Se cuenta con el tiempo y recursos para el logro de la investigación.
- Para realizar los ensayos, la Universidad Andina del Cusco cuenta con los equipos necesarios.
- Cuenta con la normativa como la NTP y la norma ASTM para las diferentes actividades desarrolladas en trabajos de campo y laboratorio.
- Se cuenta con el apoyo de nuestro asesor y docentes de la universidad.

#### 1.2.4 Justificación por relevancia.

En la actualidad las perlas de poliestireno expandido todavía no se aplican en las construcciones, pero debido a la demanda y calidad en las construcciones y mayor desempeño de las mismas este podría ser una de las alternativas en la utilización de construcción de estructuras en las edificaciones.

El empleo de las perlas de poliestireno expandido en esta investigación justifica su uso como agregado fino porque teniendo éste el tamaño máximo apenas de 2mm, lo que es notablemente inferior al tamaño mínimo estandarizado para agregado fino de 9.5mm, de peso aligerado el cual ayudará a mejorar la calidad y aligeramiento en el peso del concreto. Al obtener una resistencia a compresión y un módulo de elasticidad mayor al de un concreto convencional y al disminuir su peso volumétrico del concreto sustituido, por lo que se justifica su uso en la producción de este tipo de concretos, debido al incremento en su resistencia, por lo que su aplicación es importante en las construcciones modernas.



Figura 1: Perlas de poliestireno expandido

### 1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 1.3.1 Limitación geográfica de la investigación.

El tema de investigación esta geográficamente limitado a la ciudad del Cusco que está ubicada a una altitud de 3399 msnm y una temperatura media de 12C, ya que se utilizará agregados de la cantera sector de Chancadora del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento de Cusco y 50% de agregado fino de la cantera de Cunyac del distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.



### 1.3.2 Limitaciones del insumo “de perlas poliestireno expandido”

Las perlas de poliestireno expandido principal agregado de nuestra investigación es fabricado por la empresa Polexpan en la ciudad de Lima (Urb. Zapotal I etapa Santa Anita) y que son expandidas en bolsas de 250 gr por la empresa Import Cusco en el distrito de San Jerónimo de la ciudad del Cusco. Se limitó la sustitución de perlas de poliestireno expandido al agregado fino en porcentajes de pesos al 10%, 20% y 30% para luego reemplazarlo en volumen.

### 1.3.3 Limitación de canteras de la investigación

Nuestra investigación se limitó al uso de agregados gruesos al 100% y agregado fino al 50% de las canteras de Sector Chancadora del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento del Cusco y el 50% de agregado fino fue de la cantera de Cunyac, distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, departamento de Apurímac que son expandidas en locales de venta de agregados en la ciudad del Cusco.

### 1.3.4 Limitaciones de diseño de mezcla.

- El tipo de diseño de mezcla se limitó al diseño que no considere la desviación estándar en su diseño, para las pruebas de laboratorio de testigos de concreto de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregados del sector de Chancadora y Cunyac.
- Se usó cemento de tipo IP de la marca “Yura”.
- El uso del agua fue determinado por el grado de alcalinidad, en la presente investigación se limitó al uso de agua potable obtenidas en los laboratorios de la Universidad Andina del Cusco.
- El slump utilizado para la presente investigación fue de 3” a 4”.
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso fue de  $\frac{3}{4}$ ”.
- Los porcentajes de sustitución de las perlas poliestireno expandido fueron 10%, 20% y 30% del peso en volumen del agregado fino.
- Los testigos obtenidos en el laboratorio fueron evaluados a diferentes cargas para luego evaluar el módulo de elasticidad a compresión como el peso volumétrico del concreto a los 7, 21 y 28 días
- El método de diseño empleado en la presente investigación fue el método ACI



### **1.3.5 Limitaciones de propiedades mecánicas del concreto**

Las propiedades mecánicas del concreto se limitó al estudio de las siguientes propiedades:

- Resistencia a compresión del concreto (NTP - 339.034)
- Peso volumétrico del concreto (RNE - E- 60)
- Módulo de elasticidad del concreto (ASTM - 469)

### **1.3.6 Limitaciones de equipos de laboratorio.**

Esta tesis se limitó a los ensayos con equipos disponibles en laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar comparativamente las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto sustituidos al 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional preparado con agregados de la cantera de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

1. Determinar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para obtener a la vez un concreto de máxima resistencia a compresión y menor peso volumétrico en comparación de un concreto convencional.
2. Determinar cómo evoluciona la resistencia a compresión del concreto con perlas de poliestireno expandida en relación a la resistencia a compresión de un concreto convencional a los 7, 21 y 28 días.
3. Determinar la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de concretos con perlas de poliestireno expandido en comparación a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto convencional evaluados a los 7, 21 y 28 días



## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS.

##### 2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.

###### Referencia 01:

**Centro de estudios:** Universidad Andina del Cusco

**Título:** “Análisis de la influencia de la incorporación de microfibras de polipropileno en las propiedades físico mecánicas del concreto elaborado con cemento tipo He y agregados pétreos de las canteras de Cunyac y Vicho”

**Autor:** Rodrigo Pino Moscoso y Juan Crhistian Valencia Vargas

**Año:** 2016.

**País:** Cusco Perú.

###### **Resumen**

En el presente trabajo se trata de identificar los efectos en las propiedades físico mecánicas de un concreto patrón y otro concreto adicionado con microfibras de polipropileno.

Las características físicas de las muestras que a mayor resistencia a compresión aumentaron con la adición de microfibras con una cantidad de 300 gr/m<sup>3</sup>, con cantidades mayores el aumento de resistencia fue menor, de esta manera se logró demostrar que la microfibras es un material que mejora la resistencia a compresión y la trabajabilidad disminuye.

###### Referencia 02:

**Centro de estudios:** Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”

**Título:** “Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante”

**Autor:** Jigoro Eugenio Arapa Cruz

**Año:** 2016.

**País:** Juliaca - Perú.

## Resumen

La presente investigación consistió en obtener las propiedades del concreto celular, en sus diferentes componentes, para tres tipos de mezclas de concreto celular, con agente espumante, con espuma de poliestireno y la unión de ambos, con el fin de realizar un análisis comparativo de estas respectivas mezclas y encontrar el concreto celular eficiente en relación a sus determinadas características y propiedades. La principal virtud del concreto celular es su baja conductividad térmica, que se produce por la incorporación de micro burbujas de aire, dispuestas en concavidades alveolares dentro de la composición del mismo concreto favoreciendo su baja densidad y baja conductividad térmica, previniendo del calor en climas calurosos y del frío en climas gélidos.

En esta investigación se demuestra que el concreto celular con espuma de poliestireno es el más óptimo de entre los tres tipos de concreto, porque respecto a su masa unitaria es 50% menos denso, en relación a su peso es un 40% más ligero y a razón de su aislación térmica, es un 40% más térmico que un concreto convencional o tradicional, lo que lo convierte en un concreto celular óptimo.

### 2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.

#### Referencia 01:

**Centro de estudios:** Escuela Superior Politécnica del Litoral

**Título:** “Hormigones Livianos”.

**Autor:** Luis Fernando Valdez Guzmán y Gabriel Eduardo Suarez Alcívar  
(Para obtención del título de Ingeniero Civil)

**Año:** 2010

**País:** Ecuador

#### **Resumen.**

El presente trabajo de investigación presenta información sobre los diferentes materiales como piedra pómez, ceniza de cascarilla de arroz, poliestireno expandido que se pueden usar como agregado fino en proporciones en la elaboración de concretos livianos o ligeros, de esta tesis se puede referenciar para nuestra investigación las características físicas que brindan el hormigón con las perlas de poliestireno expandido en comparación al hormigón convencional.



Así como también nos da a conocer la clasificación del concreto en el campo de la construcción, y los beneficios como el aumento del rendimiento debido a la reducción del peso de hormigón específicamente en la reducción de la carga muerta.

### **Referencia 02:**

**Centro de estudios:** Universidad de Burgos

**Título:** “Morteros aligerados con residuos de espumas rígidas de poliuretano obtención, caracterización y puesta en obra”.

(Tesis doctoral)

**Autor:** Carlos Junco Petrement

**Año:** 2012.

**País:** España.

### **Resumen**

El presente trabajo de investigación presenta la utilización de espumas rígidas de poliuretano generadas en la industria como sustitutivo de la arena en los morteros para la albañilería.

Las características físicas y químicas de los morteros confeccionados con los residuos de espuma de poliuretano, nos muestra que las mezclas obtenidas tienen propiedades que los pueden hacer aptos para su utilización en obra de construcción.

## **2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.**

### **2.2.1 Perlas de poliestireno expandido**

Las perlas de poliestireno expandido (PPE) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector de la construcción.

Es un material de cuerpo definido cuyas propiedades más relevantes consisten en un peso reducido conveniente, en su capacidad de aislar temperaturas y ruidos, en su capacidad para resistir cargas sin sufrir deformación y en su potencial innovador para utilizarlo en las más diversas aplicaciones.

El poliestireno expandible, se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión: el pentano. Este polímero se presenta en perlas esféricas de diámetros entre 0,3 y 2 mm".<sup>1</sup>

Las perlas poliestireno expandido (EPP) se obtiene a partir del poliestireno expandible después de tres fases de fabricación:

- a. **Pre expansión:** el poliestireno expandible se introduce en una tolva de acero inoxidable, dentro de la cual se inyecta vapor de agua que dilata el pentano y expande las perlas (hasta 50 veces su volumen inicial)
- b. **Maduración:** una vez pre-expandidas las perlas se almacenan en silos durante varias horas para permitir su estabilización física.
- c. **Moldeo:** las perlas pre-expandidas se introducen en un molde cerrado, sometido a una inyección de vapor de agua, las perlas se vuelven a expandir ocupando todo el espacio del molde, soldándose entre ellas para formar un bloque.<sup>2</sup>

En Latinoamérica se le conoce por distintos nombres, en el Perú es conocido con el nombre de Tecnoport.

### 2.2.1.1 Tipos de poliestireno expandido

Existen dos tipos de poliestireno expandido que se utilizan dependiendo de su aplicación:

➤ **Poliestireno expandido "F" (construcción):**

Con aditivo retardador de llama. Posee un componente ignífugo llamado bromo, que permite que el material se comporte de manera auto-extinguible. El material expandido "F" se contrae si se expone brevemente a una llama, por ejemplo, un fósforo, con lo que se retrae del foco de ignición sin inflamarse. Sólo empezará a arder si la exposición se prolonga. Una vez interrumpido el contacto con la llama causante de la ignición no se observa ninguna combustión posterior.

El tiempo medio de extinción en este material es de 4 a 10 segundos en un tramo medio de combustión de 30 a 40 mm. el material expandido fundido

---

<sup>1</sup>ANAPE Aplicaciones de Aislamiento en Edificación

<sup>2</sup> <http://www.anape.es/pdf/Guia%20de%20Aplicaciones%20de%20Aislamiento%20en%20Edificacion>

no emite gases inflamables hasta alcanzar temperaturas superiores a 350°C.

➤ **Poliestireno expandido "P"- "R"- "C":**

Sin aditivo retardador de llama. Se utiliza para embalajes, moldeo y afines con posibilidad de contacto con alimentos. No posee el componente bromo y por lo tanto puede combustionarse con relativa rapidez después de un breve período de calentamiento. La temperatura de inflamación de este material es de 362 °C.

### **2.2.1.2 Propiedades de perlas de poliestireno expandido**

- Su propiedad más importante es su baja densidad, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de impactos,
- En el sector de la construcción su principal propiedad, aparte de su ligereza, es su capacidad como aislante térmico y acústico, utilizándose como tal en fachadas, cubiertas, suelos etc.
- El poliestireno expandido es reutilizable en el 100 % para usarlo en la fabricación del mismo material y también es reciclable para obtener materias primas para la fabricación de otros materiales.
- Puede ser incinerado de manera segura ya que sólo emite vapor de agua y dióxido de carbono.
- Dentro de sus propiedades negativas se encuentra que no es un material biodegradable, la naturaleza solo puede dividir su estructura en moléculas mínimas, pero no biodegradarlo.
- El principal método de reciclaje para el poliestireno expandido consiste en despedazar mecánicamente el material para mezclarlo con material nuevo y formar bloques de poliestireno expandido que pueden contener hasta un 50 % de material reciclado

### **2.2.1.3 Ventajas del uso de perlas de poliestireno expandido en el concreto**

Las ventajas que presentan los concretos elaborados con la sustitución de perlas de poliestireno expandido al agregado fino son:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Por sus características termo-acústicas ofrece un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular en sitios con clima extremo.
- No requiere compactación su colocado y acabado son más económicos.

- Fraguado uniforme y controlado.
- Los concretos livianos presentan densidades bajas que varían desde los 300kg/m<sup>3</sup>, dando facilidad para realizar obras que a igual volumen de concreto convencional alcancen menor peso.

#### 2.2.1.4 Desventajas del uso de perlas de poliestireno expandido en el concreto

- Debido a que el módulo de elasticidad es bajo se pueden producir mayores deformaciones a las de un concreto convencional.
- No se puede determinar el grado de incidencia en la relación de agua-cemento debido a su gran absorción.
- La contracción por secado es mayor a las de un concreto convencional y por lo tanto debe tenerse en consideración en el dimensionamiento de los elementos constructivos.
- La falta de experiencia en el uso del concreto liviano lo cual genera inconvenientes en su uso y elaboración.
- Debido a su gran absorción se presentan problemas de corrosión del acero, pero este problema se reduce al usar **recubrimiento protector**, cementicio, modificado con resina acrílica, de dos componentes, con inhibidor de corrosión que impide la oxidación del acero de refuerzo, como también aumentando el recubrimiento del concreto y colocando sobre este un tarrajeo de mayor espesor con impermeabilizantes.

#### 2.2.1.5 Características físicas y químicas

Las características físicas y químicas que se generan por los agregados o el tipo de mezcla para la elaboración del concreto liviano presenta ciertas características las cuales se ponen a consideración del Ingeniero para el tipo de proyecto que se tenga.

Las características más resaltantes que presenta un concreto liviano con poliestireno extendido son:

- **Buena aislación térmica.**

El coeficiente de conductividad térmica, decrece al disminuir la densidad del concreto, esto se debe por la utilización de agregados de baja densidad o por la generación de burbujas de aire que se incorporan durante el proceso de mezclado

- **Buena aislación acústica.**

Dicha absorción de sonido se debe a la existencia de cámaras de aire en la textura de los concretos de agregados livianos que hace que estos ofrezcan resistencia al paso del sonido.

- **Mayor resistencia al fuego que el concreto convencional**

Este tipo de concretos tienen una gran resistencia al fuego debido a que posee un bajo coeficiente de dilatación y una elevada aislación térmica.

- **Excelente trabajabilidad.**

Debido al bajo peso que presentan los concretos livianos contribuyen en las condiciones de trabajo, logrando mayor rapidez y mejor desempeño del trabajador.

- **Bajo módulo de elasticidad**

Ayuda a resistir mejor las cargas de impacto produciendo amortiguamiento, debido a que el módulo de elasticidad es bajo se pueden producir mayores deformaciones en comparación a las de un concreto convencional.

- **Absorción**

Regulan la humedad del ambiente e impiden la condensación superficial.

El poliestireno expandido no es higroscópico a diferencia de lo que sucede con otros materiales del sector del aislamiento y embalaje. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Nuevos desarrollos en las materias primas resultan en productos con niveles de absorción de agua aún más bajos.

#### 2.2.1.6 Usos y aplicaciones

Las aplicaciones que se le pueden dar al concreto liviano se basan exclusivamente en el diseño que se le dé además de los agregados escogidos para la elaboración del mismo.

El concreto liviano es ideal para la construcción de elementos secundarios en edificios o viviendas, que requieren ser ligeros a fin de reducir las cargas



muertas; para vaciar elementos de relleno que no soporten cargas estructurales; para la construcción de vivienda con características de aislamiento térmico.

Entre las aplicaciones y usos más importantes para el concreto liviano podemos resaltar las siguientes:

- Concreto estructural: losas y muros para casas.
- Construcción de bloques de mampostería.
- Ductos de ventilación.
- Vigas y paneles prefabricados.
- Edificios en zonas sísmicas.
- Puentes.
- Muros divisorios.
- Capas de nivelación de losas y pisos.
- Rellenos para nivelar y como aislante.
- Capas estabilizadoras en carreteras.

### 2.2.2 Concreto.

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

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO PORTLAND} + \text{AGREGADOS} + \text{AIR E} + \text{AGUA}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material homogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son: la dosificación, mezclado, Transporte, colocación, consolidación y curado

#### 2.2.2.1 Principales propiedades del concreto fresco

##### ➤ Trabajabilidad

Es la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto, su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga



durante las etapas del proceso el método convencional para medir la trabajabilidad es el slump o asentamiento del cono de Abrams.

➤ **Segregación**

Es la tendencia que tienen los componentes del concreto a descender debido a las densidades diferentes de estos, los más pesados tienden a descender y al contrario los de menor peso tienden a flotar o estar en suspensión.

➤ **Exudación**

Es la propiedad en donde el agua de la mezcla se separa de la masa y esta sube hacia la superficie del concreto, esta propiedad es inevitable en el concreto por lo cual es importante evaluarla y controlarla ante los efectos negativos en el concreto que esta puede causar.

➤ **Contracción**

Es una de las propiedades más importantes debido a la presencia de fisuras en el concreto, este efecto se produce por las reacciones químicas de la pasta debido a la reducción del volumen original del agua.<sup>3</sup>

### 2.2.2.2 Principales propiedades del concreto endurecido:

➤ **Elasticidad**

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo alguna carga, sin tener una deformación permanente.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm<sup>2</sup>, y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. (Pasquel Carbajal E, 1998)

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea

---

<sup>3</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO 2DA. Edición –Cap. 7



se aparta de la recta y comienza a ser curva. (Riva López, 2010)

➤ **Resistencia**

Es una de las propiedades mecánicas del concreto que más le caracteriza al concreto, es cuando el concreto tiene la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su comportamiento a la compresión mucho mejor que a la tracción.

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 llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto<sup>4</sup>

➤ **Extensibilidad**

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin llegar a fisurarse (microfisuración).

➤ **Durabilidad**

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo.

El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie.<sup>5</sup>

### 2.2.2.3 Componentes del concreto

- Cemento
- Agregados

---

4 PASQUEL CARBAJAL, Enrique-TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO 2DA. Edición –Cap. 7-Pag. 141

5 Ing. ABANTO CASTILLO, Flavio, Tecnología del concreto , Cap IV pag 57

- Agua
- Aditivos

### 2.2.2.3.1 Cemento

Es un producto de la calcinación de rocas calizas ya sea areniscas y arcillas que luego de este proceso obtenemos el Clinker para luego pulverizarlo y combinar con yeso y así obtener el cemento el cual se comporta como una aglomerante.

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcilla, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes. Cemento hidráulico producido al pulverizar Clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

#### a) Fabricación del cemento portland

Para la elaboración del Clinker portland se emplean materias primas capaces de aportar principalmente cal y sílice, y accesoriamente óxido de fierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Estos materiales se trituran, dosifican, muelen y mezclan íntimamente hasta su completa homogeneización, ya sea en seco o en húmedo.<sup>6</sup>

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación de cemento y las propiedades generales en que intervienen son:

Tabla 1: Componentes químicos del cemento

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de calcio (cao)	Rocas calizas
	Oxido de sílice (sio <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de aluminio (al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de fierro (fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcilla, mineral de hierro
5%	Oxido de magnesio, sodio	Minerales varios
	Potasio, titanio, azufre	
	Fosforo y magnesio	

FUENTE: TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO-ENRIQUE PASQUEL

<sup>6</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-EDI.2000-Tópicos de tecnología del concreto-segunda edición

**b) Composición del cemento portland**

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtiene los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852 y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente.

➤ **Silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ).**-

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

➤ **Silicato di cálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ).**-

Define la resistencia a largo plazo y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.

➤ **Aluminato tricálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ).**-

Con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3%-6%) para controlarlo.

➤ **Alumino ferrito tetracálcico ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).**-

Es semejante al aluminato tricálcico por que se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

**c) Tipos de cementos y sus aplicaciones principales**

Los tipos de cementos y sus aplicaciones principales se dan de la siguiente manera <sup>7</sup>:

**Tipo I** : De uso general, donde no se requiere de propiedades especiales

**Tipo II** : De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

**Tipo III** : Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación, para uso en climas fríos o en casos en que se necesita Adelantar la puesta de servicio de las estructuras.

**Tipo IV** : Bajo calor de hidratación usado para concreto masivo

**Tipo V** : Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

<sup>7</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique.2000-Tópicos de tecnología del concreto-segunda edición



Cuando a los tres primeros tipos de cemento se les adiciona el sufijo A (p.e Tipo IA) significa que son cementos a los que se les ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales.

Es interesante destacar los cementos denominados "mezclados o adicionados" dado que algunos de ellos se usan en nuestro medio:

**Tipo IS** : Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.

**Tipo ISM** : Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.

**Tipo IP** : Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total

**Tipo IPM** : Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje hasta del 15% del peso total.

Todos estos cementos tienen variantes en que se les añada aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), ó se modera el calor de hidratación (sufijo H).

#### d) **Cemento puzolánico.**

Es un cemento pórtland adicionado al que se agrega en el momento de la molienda del clinker, una cantidad de puzolana natural activa de aproximadamente 30% en peso. La norma ASTM C-595, permite agregar hasta 40% de puzolana en peso.

##### ➤ **La puzolana**

Puzolana es un material silicoso o sílico aluminoso que por si mismo posee poco ó ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementicias.

La actividad puzolánica se mide mediante pruebas de laboratorio detalladas en la norma ASTM C-311, las que miden la reacción química entre la supuesta puzolana y el cemento pórtland o el Hidróxido de Calcio. Estas pruebas de laboratorio no son efectuadas



concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)”

con el concreto, tal como se usa en las obras de Ingeniería; por esta razón algunos ingenieros conocedores del tema y los técnicos de la industria del cemento, piensan que la verdadera prueba de la actividad puzolánica solo se da en el resultado de los concretos puzolánicos.

Este tipo de cemento tiene las siguientes ventajas y desventajas:

- **Ventajas:**

- Son económicas
- Aumenta la trabajabilidad de la mezcla
- Disminuye la exudación y segregación
- Mejora la resistencia al intemperismo
- Genera menores calores de hidratación
- La impermeabilidad se ve incrementada

- **Desventajas:**

- Demanda mayores cantidades de agua para la mezcla
- Presenta mayor retracción durante la hidratación
- Se recomienda un mayor control de calidad
- La etapa de curado debe ser continúa evitando así fisuraciones.

#### **e) Cemento para concretos de alto desempeño**

La elección del tipo de cemento Portland a usarse es muy importante para los concretos de alto desempeño, estos deben cumplir con las normas como la ASTM C 150 o C 595, por ser el cemento el componente más activo del concreto, y teniendo en cuenta que todas las propiedades del concreto dependen de la cantidad y tipo de cemento a usarse es que la selección del tipo a usarse y una adecuada dosificación son muy importantes, en la región Arequipa los cementos comercialmente disponibles son el tipo I y el tipo IP, ambos producidos por la fábrica de cementos Yura S.A. ambos cementos cumplen con las normas ASTM y NTP.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> PORTUGAL BARRIGA, Pablo-Tecnología del concreto de alto desempeño-1990

### 2.2.2.3.2 Agregados

Son materiales inertes que interviene en el concreto estos pueden ser obtenidos en forma natural o artificial, material aglomerado por la pasta de cemento y agua.

Se define los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total. la denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares. En los concretos de alto desempeño los agregados deben cumplir las normas como la ASTM C33 caso contrario se deberá probar su eficiencia en el concreto.<sup>9</sup>

#### A Clasificación de los agregados para concreto.

Los podemos clasificar de la siguiente manera:

##### A.1 Por su procedencia.

###### A.1.1 Agregados naturales.

Son aquellos que se formaron por medio de un proceso geológico de forma natural y estos a su vez son extraídos de canteras, a los cuales se les somete a procesos de selección y optimización para su empleo en la producción de concretos.

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han de ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción del concreto.<sup>10</sup>

###### A.1.2 Agregados artificiales.

Los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de agregados naturales los cuales posteriormente se emplearán en la elaboración de concretos.

<sup>9</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-Tópicos de tecnología del concreto-Cap. 5, Pág. 69

<sup>10</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique -Tópicos de tecnología del concreto-segunda edición Cap. 5, Pág. 70-2

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

## A.2 Por su gradación

La gradación específicamente se trata de la distribución volumétrica y tamaño de las partículas y estas están normadas de acuerdo a una granulometría.

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas que como ya hemos mencionado tiene suma importancia en el concreto. Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función a las partículas mayores t menores de 4.75 mm (Malla Estándar ASTM #4). Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.<sup>11</sup>.

### A.2.1 Clasificación por su granulometría

Los agregados, cualquiera sea su origen de formación, para su uso debe ser sometido a la prueba de granulometría o tamizado lo que permite agruparlo en material grueso y fino.

Para realizar la prueba de granulometría se requiere de un juego de tamices, normado por el Reglamento Nacional de Construcciones en concordancia con las normas ASTM

La tabla 2 que aparece a continuación permite clasificar los agregados en grueso y fino.

Tabla 2: Secuencia de mallas

CLASIFICACIÓN	ABERTURA DE MALLA	
	Pulgadas	Milímetros
AGREGADO GRUESO	3	76.20
	2 ½	63.50
	2	50.80
	1 ½	38.10
	1	25.40
	¾	19.05
	½	12.70
	3/8	9.52

<sup>11</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap. 5, Pág. 70-1

CLASIFICACIÓN	ABERTURA DE MALLA	
	Pulgadas	Milímetros
AGREGADO FINO	Nº 4	4.76
	Nº 8	2.30
	Nº 16	1.19
	Nº 30	0.59
	Nº 50	0.29
	Nº 100	0.15
	Nº 200	0.07

### A.2.1.1 Agregado fino

se define como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla Nº 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas del agregado fino con una serie de mallas normalizadas, las mallas normalizadas para agregado fino es la Nº:4,8,16,30,50 y 100 y las mallas normalizadas para el agregado grueso están determinados por la norma ITINTEC12

Tabla 3: Límites de granulometría según ASTM

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (acumulativo)
3/8"	9.5mm	100
Nº 4	4.75mm	95 -100
Nº 8	2.36mm	80 -100
Nº 16	1.18mm	50 - 85
Nº 30	0.59mm	25 - 60
Nº 50	0.295mm	10 - 30
Nº 100	0.1475mm	2 -10

- **Módulo de fineza del agregado fino**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

<sup>12</sup> ING FLAVIO ABANTO CASTILLO, Tecnología del concreto CAP 4 , Pag 23-29

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

### A.2.1.2 Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material queda retenido en el tamiz N°4 proveniente de la desintegración, natural o mecánica de las rocas; puede a su vez clasificarse en grava o piedra chancada y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso de preferencia deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil perfectamente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Tabla 4: Límites granulométricos del agregado grueso

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por 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")	25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°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 25.0 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 N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19.0 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°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (3/4" a N°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°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°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

FUENTE: NTP 400.037 1

- **Tamaño máximo del agregado grueso**  
Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso
- **Tamaño máximo nominal del agregado grueso**  
Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

#### **A.2.1.3 El hormigón,**

es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

#### **A.3 Por su densidad.**

En general son primordiales como la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $GE = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $GE < 2.5$  y pesados con  $GE > 2.75$ . Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiendo establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso. <sup>13</sup>

### **B Características físicas de los Agregados.**

#### **B.1 Características físicas del agregado fino**

##### **B.1.1.1 Peso específico del agregado fino.**

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre  $2,500$  y  $2,750$   $\text{kg/m}^3$ .

Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico ( $\text{kp/m}^3$ ). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico ( $\text{N/m}^3$ ).

---

<sup>13</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap. 5, Pág. 72

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Donde:

- $\gamma$  = El peso específico (N/m<sup>3</sup>)
- $P$  = El peso de la sustancia (N)
- $V$  = El volumen de la sustancia (m<sup>3</sup>)
- $\rho$  = La densidad de la sustancia (kg/m<sup>3</sup>)
- $m$  = La masa de la sustancia (kg)
- $g$  = La aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

#### B.1.1.2 Peso específico aparente del agregado fino.

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.

$$Peap = \frac{Wo}{(v - va) - (500 - Wo)}$$

Dónde:

- $Wo$  = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (g)
- $v$  = Volumen del volumenómetro usado (cm<sup>3</sup>)
- $va$  = Peso en gramos o el volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco

#### B.1.1.3 Peso específico de masa del agregado fino.

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

$$Pem = \frac{Wo}{v - va}$$

Dónde:

- $Wo$  = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (g)
- $v$  = Volumen del volumenómetro usado (cm<sup>3</sup>)
- $va$  = Peso en gramos o el volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco

#### B.1.1.4 Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado fino

Tiene la misma definición que el peso específico de masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables.

$$Pemsss = \frac{500}{v - va}$$

Dónde:



concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)”

$W_o$  = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (g)

$v$  = Volumen del volumenómetro usado (cm<sup>3</sup>)

$va$  = Peso en gramos o el volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco.

### B.1.1.5 Porcentaje de absorción del agregado fino:

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además, esta se influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo. Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 Y 30 primeros minutos, y a que la absorción total en la práctica nunca se cumple.

$$Ab\% = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

Dónde:

$W_o$  = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (g)

$v$  = Volumen del volumenómetro usado (cm<sup>3</sup>)

$va$  = Peso en gramos o el volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco

### B.1.2 Características físicas del agregado grueso

#### B.1.2.1 Peso específico del agregado grueso

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen.

Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m<sup>3</sup>.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> PASQUEL CARBAJAL, E-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap. 5, Pág. 74

En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico ( $\text{kp}/\text{m}^3$ ). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico ( $\text{N}/\text{m}^3$ ).

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Donde:

- $\gamma$  : El peso específico ( $\text{N}/\text{m}^3$ )
- $P$  : El peso de la sustancia (N)
- $V$  : El volumen de la sustancia ( $\text{m}^3$ ).
- $\rho$  : La densidad de la sustancia ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).
- $m$  : La masa de la sustancia (kg).
- $g$  : La aceleración de la gravedad ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

#### B.1.2.2 Peso específico aparente del agregado grueso

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el agua de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.

$$P_{\text{eap}} = \frac{A}{A - C}$$

Dónde:

- A: Peso en el aire de muestra secada en la estufa (kg)
- C: Peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca (kg)

#### B.1.2.3 Peso específico de masa del agregado grueso:

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el agua (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

$$P_{\text{em}} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

- A: Peso en el aire de muestra secada en la estufa (kg)
- B: Peso en el agua de la muestra saturada superficialmente seca (kg)
- C: Peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca (kg)

#### **B.1.2.4 Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado grueso.**

Tiene la misma definición que el peso específico de masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables.

$$P_{emsss} = \frac{B}{B - C}$$

Donde:

A = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (kg)

B = Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (kg)

C = Peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca (kg)

#### **B.1.2.5 Porcentaje de absorción del agregado grueso:**

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además esta influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 Y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple.

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Donde:

A = Peso en el aire de muestra secada en la estufa (kg)

B = Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (kg)

C = Peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca (kg)

### **C Mezcla de agregados.**

A la luz de los conceptos detallados sobre granulometría y la forma de caracterizarla numéricamente para optimizar las gradaciones, se deduce que la manera de introducir modificaciones granulométricas en los agregados es mezclándolos.

Existen muchos métodos matemáticos y gráficos para mezclar agregados, que en algunos casos permiten determinar la distribución granulométrica en peso y otros

en volumen absoluto (que es la más adecuada), pero en este acápite desarrollaremos únicamente las expresiones matemáticas que permiten calcular la gradación resultante tanto en peso como en volumen absoluto dependiendo del uso que le demos.

Hay que partir de que en el laboratorio al hacer la prueba de tamizado, contamos con pesos retenidos en cada malla, que se convierten en porcentajes retenidos en cada malla referidos al peso total y que luego estos porcentajes se van acumulando para poder dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica. Adicionalmente contamos con los pesos específicos de cada uno de los agregados que se desea mezclar.

En estas condiciones tenemos que la mezcla de agregados en peso en base a los porcentajes retenidos acumulativos en cada malla se deduce de la siguiente manera:

### C.1 Mezcla de agregados en pesos.

La mezcla de agregados por pesos se realiza cuando los agregados tienen el mismo peso específico o es similar, cuando no existe grandes diferencias.

$$K = \frac{P_t}{A_t}$$

Se concluye que el porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de los agregados P y A en peso para la malla n, en la proporción K viene dada por:

$$\% \text{ Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K + 1}$$

Donde:

$P_n$  = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

$A_n$  = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

$P_t$  = Peso total del agregado P a mezclarse.

$A_t$  = Peso total del agregado A a mezclarse.

$\%P_n$  = %retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.

$\%A_n$  = % retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

K = Proporción de mezcla en peso

Esta expresión se puede usar sin problemas para calcular mezclas de agregados de peso específico similar ya que como hemos explicado, no se introduce mucho error en comparación con hacerlo en volumen absoluto.

## C.2 Mezcla de agregados en volumen

Cuando los pesos específicos varían mucho se debe mezclar los agregados por volúmenes. El volumen del agregado a mezclar viene a ser el peso del agregado entre el peso específico del mismo agregado a mezclar. En este caso tenemos el agregado P y el agregado A.

$$VP_n = P_n / G_P$$

$$VA_n = A_n / G_A$$

Donde:

$VP_n$  = Volumen absoluto acumulativo del agregado P en la malla n.

$VA_n$  = Volumen absoluto acumulativo del agregado A en la malla n.

$P_n$  = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

$A_n$  = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

$G_P$  = Gravedad específica del agregado P.

$G_A$  = Gravedad específica del agregado A.

K viene a ser la proporcionalidad de los agregados a mezclarse en pesos.

$$K = \frac{P_t}{A_t}$$

Donde:

$P_t$  = Peso total del agregado P a mezclarse.

$A_t$  = Peso total del agregado A a mezclarse

Z viene a ser la proporcionalidad de los agregados a mezclarse en volumen como se muestra en la siguiente expresión:

$$Z = \frac{P_t / G_P}{A_t / G_A} = K \frac{G_P}{G_A}$$

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n \text{ en volumen absoluto} = \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z + 1}$$

Donde:

$\%P_n$  = %retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.

$\%A_n$  = % retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

Si los pesos específicos son iguales o muy similares, se tiene que  $Z = K$  y la fórmula  $\% \text{ Mezcla } (P + A)_n$  en volumen absoluto adquiere la misma expresión que la fórmula  $\% \text{ Mezcla en peso } (P + A)_n$ , verificándose pues matemáticamente



que en estos casos mezclar en peso o en volumen absoluto producen la misma distribución granulométrica.

### C.3 Mezcla de agregados según su módulo de fineza

Se puede mezclar agregados dependiendo su módulo de fineza de cada agregado a mezclarse como se deduce en la siguiente expresión:

$$MF_p = 0.01 \sum_{3''}^{N^{\circ}100} P_n$$

$$MF_A = 0.01 \sum_{3''}^{N^{\circ}100} A_n$$

Donde:

$P_n$  = Peso retenido acumulado del agregado P en cada malla.

$A_n$  = Peso retenido acumulado del agregado A en cada malla.

$MF_P$  =módulo de finura del agregado P

$MF_A$  =Módulo de finura del agregado A

El módulo de fineza de la mezcla de los agregados P y A en volumen absoluto será:

$$MF_{(P+A)} = 0.01 \sum_{3''}^{N^{\circ}100} \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z + 1} = \frac{MF_P + MF_A}{Z + 1}$$

$$Z = \frac{\%P_V}{\%A_V}$$

$$MF_{(P+A)} \text{ en Volumen Absoluta} = \%P_V \times MF_P + \%A_V \times MF_A$$

Donde:

$\%P_V$  = % en volumen. Absoluto. en que interviene el agregado P.

$\%A_V$  = % en volumen. Absoluto. en que interviene el agregado A.

$MF_P$  =módulo de finura del agregado P

$MF_A$  =Módulo de finura del agregado A

La expresión se ha deducido para una mezcla en volumen absoluto, pero obviamente se deduce similarmente para una mezcla en peso donde se tiene:

$$MF_{(P+A)} \text{ en Peso} = \%P \times MF_P + \%A \times MF_A$$

Donde:

$\%P$  = % en peso en que interviene P en la mezcla.

$\%A$  = % en peso en que interviene A en la mezcla.

$MF_P$  = módulo de finura del agregado P

$MF_A$  = Módulo de finura del agregado A.

### 2.2.2.3.3 Agua

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

#### a. Agua de mezcla.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- I. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- II. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- III. Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

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

El problema principal del agua reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento<sup>15</sup>

#### b. Consideraciones de agua de mezcla.

- El agua no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento.
- Aguas muy puras (lluvias) son ácidas si el PH es menor que 7.

<sup>15</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap. 4, Pág. 59



- El agua potable es incolora, inodora, insípida, fresca, y no contiene materias inorgánicas.
- Los mayores problemas del concreto relacionados con el agua se refieren a la cantidad y no a la calidad.
- Cuando se sospecha de la calidad de agua lo mejor es hacer ensayos comparativos de cementación, resistencia mecánica y estabilidad de volumen.

**c. Agua para curado.**

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para el curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto<sup>16</sup>

**d. Métodos de curado.**

• **Sombreado de trabajo de concreto**

El objeto de sombreado de trabajo concreto es para evitar la evaporación del agua de la superficie. Esto se adoptó sobre todo en caso de grandes superficies de hormigón, tales como losas de carretera. Esto es esencial en tiempo seco para proteger el hormigón del calor, los rayos directos del sol y el viento. También protege la superficie de la lluvia. En sombreado tiempo frío ayuda en la preservación del calor de hidratación del cemento evitando de ese modo la congelación del concreto en condiciones de helada suave. El sombreado se puede lograr mediante el uso de lona estiró en marcos. Este método tiene solamente una aplicación limitada.

• **Recubrimiento de superficies de con arpillera, lona, o bolsas plásticas**

Este es un método ampliamente utilizado de curado, particularmente para concreto estructural. De este modo se evita que la superficie expuesta del concreto se seque cubriéndolo con arpillera, lona o bolsas de cemento vacías. La cubierta sobre superficies verticales e

---

<sup>16</sup> PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap. 4, Pág. 65



inclinadas debe estar adecuadamente asegurado. Estos se humedecen periódicamente. El intervalo de humectación dependerá de la velocidad de evaporación del agua. Se debe asegurar que la superficie del hormigón no se deja secar incluso durante un corto tiempo durante el período de curado. Las disposiciones especiales para mantener la superficie húmeda se deben hacer por las noches y los días festivos.

- **Aspersión del agua**

La aspersión de agua de modo continuo en la superficie de concreto proporciona un curado eficiente. Es más utilizado para el curado de las losas de piso. El concreto debe permitir establecer suficientemente antes de la aspersión se ha iniciado. El aerosol se puede obtener de una caja de plástico perforada. En trabajos pequeños aspersión de agua puede hacerse a mano. Vertical y superficies inclinadas pueden mantenerse continuamente húmedo rociando agua sobre las superficies superiores y permite que se ejecute hacia abajo entre las formas y el concreto. Para este método de curado de la necesidad de agua es mayor.

- **Método de acumulación**

Este es el mejor método de curado. Es adecuado para el curado de superficies horizontales, tales como pisos, losas de techo, carreteras y aceras de campo aéreo. Las superficies superiores horizontales de las vigas también pueden ser estancada. Después de colocar el concreto, su superficie expuesta se cubre primero con arpillera húmeda o lona. Después de 24 horas, estas cubiertas se retiran y pequeños estanques de arcilla o arena se construyen a través y a lo largo de las aceras. El área se fraccione en una serie de rectángulos. El agua está vacía entre los estanques. El llenado de agua en estos estanques se realiza dos veces o tres veces al día, dependiendo de las condiciones atmosféricas. Aunque este método es muy eficiente, el requerimiento de agua es muy pesada. Los estanques se rompen fácilmente y sale agua. Después del curado es difícil de limpiar la arcilla.



- **Membrana de curado**

El método de curado descrito anteriormente pertenece a la categoría de curado húmedo. Otro método de curado es para cubrir la superficie de concreto humedecida por una capa de material a prueba de agua, que se mantiene en contacto con la superficie de concreto de siete días. Este método de curado que se denomina como el curado de la membrana. Una membrana impedirá la evaporación del agua del concreto. La membrana puede estar en forma sólida o líquida. También son conocidos como compuestos de sellado. papeles recubiertos de betún a prueba de agua, emulsiones de cera, emulsiones bituminosas y películas de plástico son los tipos más comunes de membrana utilizados.

Siempre que el betún se aplica sobre la superficie durante el curado, se debe hacer sólo después de 24 horas de curado con sacos de yute. Se permite que la superficie se seque para que el agua suelta no es visible y luego el asfalto líquido pulverizado en todas partes. La humedad en el concreto se preserva así. Es suficiente para el curado. Este método de curado no necesita supervisión constante. Se aprobó con ventaja en los lugares donde el agua no está disponible en cantidad suficiente para el curado húmedo. Este método de curado no es eficiente en comparación con el curado en húmedo porque la tasa de hidratación es menor. Por otra parte la fuerza de concreto curado por cualquier membrana es menor que el concreto que es húmedo curado. Cuando la membrana se daña el curado se gravemente afectada.

- **Curado de vapor**

Curado al vapor y curado de agua caliente a veces se adoptaron. Con estos métodos de endurecimiento, el desarrollo de la resistencia del concreto es muy rápida.

Estos métodos se pueden utilizar mejor en el trabajo previo concreto colado. En vapor de curado la temperatura del vapor debe limitarse a un máximo de 75°C como en ausencia de humedad adecuado (aproximadamente 90%) del concreto puede secar demasiado pronto.

En caso de curado con agua caliente, la temperatura puede elevarse a cualquier límite, 100°C y.

A esta temperatura, el desarrollo de la fuerza es de aproximadamente 70% de 28 días la fuerza después de 4 a 5 horas. En ambos casos, la temperatura debe ser totalmente controlado para evitar la no uniformidad. El concreto debe impedirse a un rápido secado y enfriamiento que formaría grietas

#### 2.2.2.3.4 Aditivos

Los aditivos son materiales distintos del agua, del agregado o del cemento que son utilizados como componente del concreto, estos son añadidos antes o durante el mezclado, generalmente son líquidos y se combinan con el agua de mezcla tienen como finalidad modificar una o varias propiedades. Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades. (Torre, 2004)

No necesariamente son productos químicos, materiales naturales o artificiales que modifiquen el proceso del fraguado, con el propósito de mejorar la calidad. Podemos clasificar a los aditivos en dos grupos: los aditivos naturales y artificiales, como su nombre lo indica los naturales, son los que encontramos prácticamente en la rutina del trabajo con experiencias y análisis, los artificiales son los creados en laboratorios y cuentan con un respaldo mayor técnicamente.

- **Aditivos naturales**

Aquellos que encontramos en la naturaleza, el limo de 3 al 5%, un rango de 2% que podemos manejar como aditivo para retardar el fraguado.

Aguas saladas actúan como retardadores de fragua, disminuyendo el calor de hidratación, perjudicial en la presencia del concreto.

Las aguas azucaradas aceleran el fraguado.

- **Aditivos artificiales**

Fabricados en laboratorio, de los principales tenemos:

**Acelerantes:** disminuyen el tiempo de fraguado, endurecimiento pronto antes de tiempo.



**Retardadores:** retarda el endurecimiento.

**Plastificantes:** realizar más trabajable la mezcla.

**Adherentes:** unir de forma confiable proporciones.

**Impermeabilizantes:** grasas o aceitosos que logran la impermeabilización al 100%.

#### 2.2.2.4 Tipos de concreto

##### 2.2.2.4.1 Concreto simple

Es una mezcla de cemento Portland, agredo fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta del cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta

##### 2.2.2.4.2 Concreto armado

Se denomina así al concreto simple cuando este lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (Abanto Castillo, 2009)

##### 2.2.2.4.3 Concreto de peso normal

Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 kg/m<sup>3</sup>.

##### 2.2.2.4.4 Concreto prefabricado

Elemento de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

##### 2.2.2.4.5 Concreto de cascote

Es el constituido por cemento, agregado fino, cascote de ladrillo (fragmentos de ladrillo desechado en obra) y agua.

##### 2.2.2.4.6 Concreto premezclado

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.



#### **2.2.2.4.7 Concreto bombeado**

Concreto que es impulsado por bombeo a través de tuberías hacia su ubicación final. (E-060, 2006)

#### **2.2.2.4.8 Concreto ciclópeo**

Se denomina así al concreto simple que está complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. (Abanto Castillo, 2009)

#### **2.2.2.4.9 Concreto de alta resistencia.**

El concreto de alta resistencia o alto desempeño es aquel concreto especial que difiere principalmente por la resistencia y durabilidad de los concretos convencionales, el cual debe ganar resistencia a edades tempranas y durabilidad en el tiempo sin que esto afecte la trabajabilidad que debe tener, estos concretos tienen una resistencia a la compresión mayores a 420 kg/cm<sup>2</sup>.

Para mezclas hechas con agregados normales, los concretos de alta resistencia son considerados a aquellos que tienen resistencias a la compresión mayores a los 6000 psi (40 MPa). Aquí dos argumentos, presentados por Kuhmar Mehta y Monteiro en su publicación de 1995, que justifican esta definición.

- a. La mayor parte del concreto convencional está entre 3000 y 6000 psi [210 kg/cm<sup>2</sup> y 420 kg/cm<sup>2</sup>]. Para producir concreto por encima de 6000 psi es necesario un control más exigente de calidad de los agregados así como la selección y dosificación de los materiales (plastificantes, adiciones minerales, tipos y tamaños de agregados, etc.). Por lo tanto, para distinguir esta elaboración especial de concreto que tiene resistencia a la compresión por encima de los 6000 psi debe ser llamado "alta resistencia".
- b. Estudios experimentales muestran que en muchos aspectos la microestructura y propiedades del concreto con resistencia a la compresión



por encima de los 6000 psi son considerablemente diferentes de aquellos concretos convencionales.

Basados en precios del concreto y acero en el área de Chicago del 1982, muestran que el uso de concreto de alta resistencia y acero mínimo brinda la solución más económica para columnas de edificios de gran elevación. Un reporte reciente muestra claramente el ahorro de usar concreto de alta resistencia en edificios con varios pisos ya que demuestra que el incremento de solo 3.1 veces en precio es un aumento de 4.7 veces la capacidad de carga. Consecuentemente, en los Estados Unidos durante los últimos 20 años, el concreto de alta resistencia ha sido usado básicamente para construir pórticos de edificios de 30 pisos o más. Las columnas de los pisos por arriba del tercero están hechos de concreto convencional (4000 a 5000 psi) [280 – 350 kg/cm<sup>2</sup>].

Los usos más frecuentes que se dan para los concretos de alta resistencia son:

- Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor; por ejemplo, dar tráfico a pavimentos a 3 días de su colocación.
- Para construir edificios altos reduciendo la sección de sus elementos estructurales e incrementando el espacio disponible.
- Para construir superestructuras de puentes de mucha luz y para mejorar la durabilidad de sus elementos.
- Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como, por ejemplo, durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. Entre algunas de dichas aplicaciones se encuentran las presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, parqueaderos y pisos industriales de tráfico pesado.

#### 2.2.2.4.10 Concretos estructurales

Según la norma E-060 Capítulo: 9 ítem 9.4 **Resistencia mínima del concreto estructural del sub ítem 9.4.1** dice: Para el concreto estructural,  $f'c$  no debe ser inferior a 17 MPa, salvo para concreto estructural simple (véase 22.2.4). No se establece un valor máximo para  $f'c$  salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica de esta Norma (véase 21.3.2).



### **Resistencia mínima (ítem 22.2.4)**

La resistencia especificada del concreto simple para ser usado con fines estructurales medida a los 28 días no debe ser menor de 14 MPa.

Todos los materiales que se empleen para la fabricación del concreto simple (cemento, agregados, agua, aditivos, etc.) deberán cumplir los mismos requisitos que para concreto armado. Esta exigencia también será aplicable a la dosificación, ensayo de probetas cilíndricas, encofrados, colocación, curado, evaluación y aceptación del concreto.

#### **2.2.2.4.11 Concretos especiales**

Los concretos especiales tienen una clasificación extensa, estos concretos al ser considerados especiales tienen adicionantes o variantes en su diseño de mezclas las cuales difieren de los concretos convencionales, todo esto con el fin de mejorar su calidad, productividad, procedimiento constructivo, economía, etc.

#### **2.2.2.4.12 Concreto liviano**

Los concretos livianos se designan en la norma ACI 213R (1987) como aquellos que poseen una densidad en estado seco al aire menor a 1850 kg/m<sup>3</sup>.

Sus ventajas y campo de uso es bastante amplio, sobre todo en los casos donde se desea obtener aislación térmica y secundariamente acústica, y también donde se desea disminuir el peso muerto que actúa sobre los elementos estructurales resistentes, obteniendo como ventaja que se puedan utilizar fundaciones de menor tamaño, también permiten edificaciones de mayor altura y el desarrollo de tecnologías de prefabricación, disminuyen las fuerzas sísmicas y presentan un mejor comportamiento térmico, el que se traduce como una menor deformabilidad ante cambios de temperatura.

Entre sus principales limitaciones podemos mencionar su baja resistencia y su alta retracción hidráulica, por lo que debe ser importante tener en cuenta estos aspectos al contemplar su uso.

Las densidades requeridas en los concretos livianos se obtienen mediante la incorporación de aire en el concreto, el cual se puede introducir mediante

dos maneras, a través de los agregados, empleando agregados livianos o directamente en la masa del concreto.

#### **a. Propiedades de los concretos livianos**

Las propiedades del concreto con agregados livianos dependen en gran medida de la cantidad y propiedades del agregado en particular que se esté utilizando, así como también de los otros componentes del concreto (dosis de cemento, agua, granulometría), por lo que es posible inferir que el uso de un determinado concreto liviano no define en sí las propiedades del concreto.

La durabilidad de los concretos livianos no ha sido estudiada con certeza, pero si se puede señalar que en comparación con los concretos convencionales, son más susceptibles a los ataques agresivos externos y a los fenómenos de corrosión.

En cuanto a su retracción hidráulica, tampoco existen estudios sistemáticos al respecto, pero se puede señalar que su valor es aproximadamente el doble que en los concretos convencionales.

#### **b. Ventajas de los concretos livianos**

- Baja densidad y conductividad térmica
- Resistencias a la acción del hielo – deshielo y a la acción del fuego
- Al ser más livianos tienen ventajas en cuanto disminución de cargas muertas y las cargas inerciales de sismos, su transporte de elementos y estructurales, lo que se traduce en economía en el uso de estos concretos
- Aceptable aislamiento acústico.

#### **c. Concreto con agregados livianos**

Los agregados livianos utilizados en la elaboración del concreto pueden tener dos orígenes:

- Origen natural.
- Producidos artificialmente.

##### **c.1 Concreto con agregados livianos de origen natural**

Son los concretos livianos confeccionados con agregados en los cual el aire está atrapado en forma natural, por ejemplo en rocas de origen

volcánico, como las lavas o piedra pómez, y también los originados de los desechos de la madera, como la viruta y el aserrín.

Las densidades obtenidas de los agregados de origen volcánico son más bien altas, rondando del límite de aceptación de la densidad para concretos livianos. Por otra parte, el uso de viruta y aserrín en la confección de concreto liviano puede causar un efecto retardador sobre el fraguado de la pasta de cemento, dependiendo del tipo de madera de la cual se obtengan los desechos.

### **c.2 Concreto con agregados livianos de origen artificial**

Los agregados livianos de origen artificial corresponden a materiales especiales, los que al ser sometidos a tratamientos térmicos, producen liberación de gases en su interior, por lo que se expanden disminuyendo su densidad. Un ejemplo de este tipo de agregados es el poliestireno expandido, el cual fue utilizado en la confección de las mezclas de prueba de esta tesis.

El uso de agregados livianos de origen artificial permite obtener densidades menores que los de origen natural y también mayores resistencias.

#### **2.2.3 Diseño de mezclas**

El diseño de mezclas de concreto, es el proceso de la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes que la integran así como su interacción entre estos, para así lograr un material que satisfaga eficientemente los requerimientos particulares de un proyecto en su proceso constructivo

##### **2.2.3.1 Método ACI**

Este procedimiento considera nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.<sup>17</sup>

**Primer paso.-** Contempla la selección del slump, cuando este no se especifica el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan

---

<sup>17</sup> MÉTODO ACI 211.1, Conceptos básicos.

diferentes valores de slump de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores deben ser incrementados en dos y medio centímetros.

**Segundo paso.-** Se determina la resistencia promedio necesaria para el diseño; la cual está en función al  $f'c$ , la desviación estándar, el coeficiente de variación. Los cuales son indicadores estadísticos que permiten tener una información cercana de la experiencia del constructor. Por lo que se tendrá que tener en cuenta los siguientes criterios.

### A. elección de la resistencia promedio ( $F'cr$ )

#### A-1. Cálculo de la desviación estándar

##### *Método 1*

Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'c$  que este dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

$X_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm<sup>2</sup>

$\bar{X}$  = Resistencia promedio de n probetas, en kg/cm<sup>2</sup>

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

- c) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

$\bar{S}$  = Desviación estándar promedio en kg/cm<sup>2</sup>

$S_1, S_2$  = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm<sup>2</sup>

$n_1, n_2$  = Número de ensayos en cada grupo, respectivamente.

## Método 2

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la tabla 3 para obtener el nuevo valor de “S”.

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.

Tabla 5 : Factores de corrección para desviación

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCIÓN
Menos de 15	Usar tabla 4
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

### A-2. Cálculo de la resistencia promedio requerida

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 350 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ .

- a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “S” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

S = Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

- b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 4 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 6: Resistencia a la compresión promedio

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

**Tercer paso.**- El informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.

**Cuarto paso.**- El ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera, por supuesto la resistencia promedio seleccionada debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados las pruebas con valores bajos. En una segunda tabla aparecen los valores de la relación agua/cemento para casos de exposición severa.

**Quinto paso.**-El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso tres, y la relación agua cemento, obtenida en el paso cuatro; cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifiquen, la mezcla se deberá basar en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento, esta parte constituye el quinto paso del método.



concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)”

**Sexto paso.-** Para el sexto paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los valores dependen del tamaño máximo nominal de la grava y del módulo de finura de la arena. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado en seco para un metro cúbico de concreto, el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.

**Séptimo paso.-** Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso o por volumen absoluto.

**Octavo paso.-** El octavo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados, el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

**Noveno paso.-** El último paso se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la trabajabilidad apropiada mediante el slump y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado. Para correcciones por diferencias en el slump, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto el informe ACI 211.1-91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla de prueba hasta lograr las propiedades especificadas en el concreto.

#### 2.2.4 Peso volumétrico del concreto

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>. La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

En el diseño del concreto armado el peso unitario se considera 2400 kg/m<sup>3</sup>.

El peso del concreto seco es igual al peso de los ingredientes del concreto fresco menos el peso del agua de mezclado evaporable. Parte del agua de la mezcla combina químicamente con el cemento durante el proceso de hidratación, transformando el cemento en un gel de cemento.

Además, parte del agua permanece fuertemente retenida en los poros y en los capilares y no se evapora bajo las condiciones normales. La cantidad del agua de mezclado que se evaporará del concreto expuesto en un medio ambiente con humedad relativa del 50% es cerca del 1/2% al 3% del peso del concreto; la cantidad real depende del contenido inicial de agua, de las características de absorción de los agregados y del tamaño y forma de los miembros del concreto.

#### 2.2.4.1 Determinación de peso volumétrico

El peso unitario del concreto fresco, es el peso del concreto por unidad de volumen expresado en kg/m<sup>3</sup>, se emplea para determinar el rendimiento de las mezclas, el contenido de cemento y el contenido de aire. Las variaciones del peso unitario de una mezcla, generalmente son debidas al tipo de agregados clasificándose así, en concretos normales (2200-2500 kg/m<sup>3</sup>), densos (2700- 4500) y livianos (600-1800 kg/m<sup>3</sup>). El peso volumétrico se calcula con la siguiente formula:

$$\gamma_c = \frac{P}{V}$$

Donde:

$\gamma_c$  = peso volumétrico del concreto (kg/m<sup>3</sup>)

$P$  = peso de la muestra o testigo (kg)

$V$  = volumen de la muestra o testigo (m<sup>3</sup>)

#### 2.2.5 Resistencia de concreto a la compresión axial

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o PSI) a una edad de 28 días. Se pueden utilizar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 65% a 75% P de la

resistencia a los 28 días. La resistencia a la compresión especificada se designa con el símbolo de  $f'_c$ .

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad pero este aumento está ligado con un adecuado curado en el tiempo. El mayor incremento a la resistencia a la compresión del concreto 90% se produce a los 14 primeros días posteriores a su colocación, resultado más gradual al transcurrir al tiempo a los 28 días llega al 98% luego seguirá ganando resistencia pero en forma mínima como se aprecia en la figura 01 <sup>18</sup>

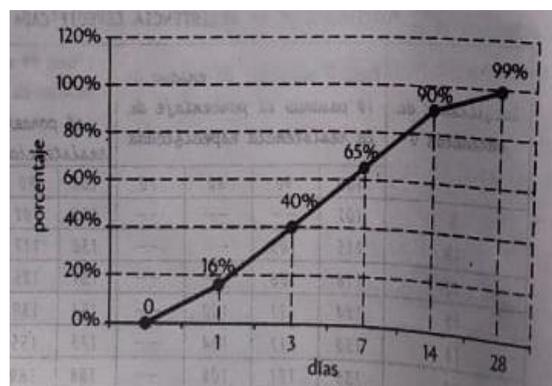


Figura 2: Evolución de la resistencia del concreto ( $f'_c$ ) & días

La resistencia a la compresión del concreto se mide mediante unos testigos de 30cm de altura por 15 cm de diámetro, llevándole hasta la ruptura mediante cargas que se incrementan relativamente rápidos esto dura unos pocos minutos.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplea los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia específica,  $f'_c$ , en la especificación de trabajo.

<sup>18</sup> ABANTO CASTILLO, Flavio .Tecnología de concreto Cap. 3 - 34 pág.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.034 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, Corregir el resultado de las Resistencias por un apropiado factor de corrección mostrado en la tabla 4 la siguiente relación:

Tabla 7: Factor corrección altura por diámetro

L/D	1.75	1.5	1.25	1.00
FACTOR	0.98	0.96	0.93	0.87

### 2.2.5.1 Determinación de la resistencia a la compresión

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra. (NTP 339.034, 1999, pág. 5). La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$R_c$  = Es la resistencia de rotura a la compresión, en Kg/cm<sup>2</sup>.

$G$  = La carga máxima de rotura en (kg).

$D$  = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en (cm).

### 2.2.5.2 Resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ )

Generalmente se especifica en la memoria de cálculos y en los planos una resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ), la cual se utilizó como base para calcular el dimensionamiento y el refuerzo de los diferentes elementos de una obra. Cuando se obtiene un valor de resistencia menor que la especificada ( $f'_c$ ), se disminuye el factor de seguridad de una estructura, para evitar esto la mezcla deberá dosificarse para obtener una resistencia a la compresión promedio ( $f_{cr}$ ) mayor que  $f'_c$ . Para tener un valor de  $f'_c$  y  $f_{cr}$  se hace una desviación estándar con los ensayos respectivos y consecuente el promedio de la resistencia de 2 cilindros, hechos de la misma mezcla de concreto a la edad especificada. Para un análisis estadístico es recomendable utilizar al menos 30 pruebas, sin embargo, existe la posibilidad de utilizar menos de 30 datos, siempre que se considere un factor corrección en la desviación

estándar. Para los efectos del análisis estadístico, debe definirse las siguientes variables de control, que se utilizan como:

$f_{cr}$  : Resistencia promedio requerida, para asegurarse de que sólo aquella porción permisible de pruebas caerá por debajo de la resistencia especificada.

$f'_c$  : Resistencia especificada.

$s$  : Desviación estándar.

$t$  : Multiplicador constante para la desviación estándar, que depende del número de pruebas que se espera caigan por debajo de  $f'_c$ .

$v$  = Coeficiente de variación.

Para cada resistencia especificada  $f'_c$ , se debe establecer la resistencia promedio requerida,  $f_{cr}$ , para asegurarse de que sólo aquella porción permisible de pruebas caerá por debajo de esta resistencia.

i. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra en la tablas N° 08.

Tabla 8: Resistencia promedio requerida cuando hay desviación

Resistencia especificada $f'_c$ , kg/cm <sup>2</sup> (psi)	Resistencia promedio requerida, $f_{cr}$ , kg/cm <sup>2</sup> (psi)
Menos de 350 (5000)	Escoger el mayor valor obtenido de las siguientes ecuaciones: $f_{cr} = f'_c + 1.34s$ $f_{cr} = f'_c + 2.33s - 35$ ( $f'_c + 2.33s - 500$ )
Mayor de 350 (5000)	Escoger el mayor valor obtenido de las siguientes ecuaciones: $f_{cr} = f'_c + 1.34s$ $f_{cr} = 0.90f'_c + 2.33s$

ii. Resistencia promedio requerida a la compresión cuando no hay datos estadísticos que permitan determinar la desviación estándar, tal como se muestra en la tabla N° 09

Tabla 9 : Resistencia promedio requerida cuando no hay desviación en MPA

Resistencia nominal a la compresión $f'_c$ MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión $f_{cr}$ MPa
< de 21 MPa	$f_{cr} = f'_c + 7$ MPa
de 21 MPa a 35 MPa	$f_{cr} = f'_c + 8,5$ MPa
> de 35 MPa	$f_{cr} = f'_c + 10$ MPa

iii. Valores de coeficiente de modificación para la desviación estándar cuando hay disponibles menos de 30 resultados

Tabla 10 : Factor de corrección de desviación cuando la muestra es menor a 30

N	Coefficiente
15	1,16
20	1,08
25	1,03
> de 30	1,00

## 2.2.6 Módulo de elasticidad

### 2.2.6.1 Teoría de elasticidad de materiales

Cuando un cuerpo que ésta sometido a una carga externa es seccionado, hay una distribución de fuerza que actúa sobre el área seccionada que mantiene cada segmento del cuerpo en equilibrio. La intensidad de esta fuerza interna en un punto del cuerpo se denomina esfuerzo.<sup>19</sup>

El esfuerzo normal de un material, es el resultado de dividir una carga axial (P) con el área de la sección transversal.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

P= Carga axial (kg)

A= Área de la sección transversal del testigo (cm<sup>2</sup>)

El esfuerzo dado que es una fuerza dividida sobre un área, sus unidades según el sistema internacional (SI), la fuerza se denota en Newton (N) axial y el área en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), expresándose en N/ m<sup>2</sup>, o Pascal (Pa). Para el sistema americano se mide la fuerza en libras (lb) y el área en pulgadas cuadradas (plg<sup>2</sup>), quedando el esfuerzo en lb/ plg<sup>2</sup>, psi.

Cuando se aplica una fuerza a un cuerpo, ésta tiende a cambiar la forma y tamaño del cuerpo. A estos cambios se les llama deformación y ésta puede ser visible o prácticamente inadvertida si no se emplea el equilibrio apropiado para hacer mediciones precisas.<sup>20</sup>

Según Hooke, la deformación (unitaria)  $\varepsilon$  es el cociente del alargamiento (deformación total)  $\delta$  y la longitud L en la que se ha producido.

<sup>19</sup> HIBBELER, Rusell C. Mecánica de Materiales. México: Cecsca. 1994. 27 p.

<sup>20</sup> HIBBELER, Rusell C. Op. Cit., 69 p.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l}$$

Donde:

$\varepsilon$  = Deformación unitaria  
 $\delta$  = Deformación total (cm)  
 $l$  = Deformación inicial (cm)

Un diagrama de esfuerzo-deformación, es importante en la ingeniería ya que proporciona un medio para obtener datos sobre la resistencia a tensión o compresión del material sin importar el tamaño o forma física del material<sup>21</sup>

### 2.2.6.2 Definición de módulo de elasticidad de los materiales

El módulo elástico ( $E$ ) proporciona una información muy práctica. Representa la rigidez del material (este es, su resistencia a la deformación elástica), y se manifiesta como la cantidad de deformación durante la utilización normal del material por debajo de su límite elástico y también como el grado de recuperación elástica del material durante el conformado.<sup>22</sup>

Thomas Young (1773–1829), físico y médico inglés, fue el primero en definir el módulo elástico, anteriormente conocido como módulo de Young,  $E$ .

Cuando un material se comporta elásticamente y exhibe también una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación unitaria, se dice que es elástico lineal. La relación lineal entre el esfuerzo y la deformación unitaria en una barra sometida a tensión o compresión simple se expresa por la siguiente ecuación<sup>23</sup>:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo axial (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $E$  = Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon$  = Deformación unitaria axial (cm<sup>2</sup>)

Esta ecuación se conoce también como la ley de Hooke, Donde  $\sigma$  es el

<sup>21</sup> HIBBELER, Rusell C. Op. Cit., 97 p

<sup>22</sup> SCHACKELFORD, James F. Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros. 6a Edición. Madrid: Pearson Education. 2005. 183 p.

<sup>23</sup> GERE, James m. y TIMOSHENKO, Stephen P. Mecánica de Materiales. 2a Edición. México: Grupo Editorial Iberoamericana. 1986. 23 p.

esfuerzo axial,  $\varepsilon$  es la deformación unitaria axial y  $E$ , es el módulo de elasticidad del material.

El módulo de elasticidad es la pendiente del diagrama esfuerzo-deformación unitaria en la región elástica lineal. También se puede calcular como el cociente entre el esfuerzo y la deformación unitaria.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

$E$ = Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Esfuerzo axial (kg/cm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$ = Deformación unitaria axial

Como la pendiente tiene unidades de esfuerzo dividido entre deformaciones unitarias, el módulo de elasticidad,  $E$ , posee las mismas unidades.

### 2.2.6.3 Definición de Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad del concreto es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. También se puede definir como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándole como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo de elasticidad del concreto es determinado como la pendiente de la curva esfuerzo-deformación dentro del límite proporcional de un material. Para un material de concreto, el módulo de elasticidad es determinado como la pendiente de la recta secante intersectada con la curva esfuerzo-deformación en el 40% de la resistencia de rotura. Éste es el valor comúnmente usado en el diseño estructural. Ninguna porción de la curva esfuerzo-deformación es una línea recta, el método usual de determinar el módulo de elasticidad es medir el módulo contiguo, que es definido como la pendiente de la tangente para la curva de esfuerzo-deformación en algún punto menor a la máxima resistencia a rotura del concreto. La Figura 2 muestra el gráfico de esfuerzo-deformación de un concreto cuando es cargado y descargado. De esta figura, podemos ver que el módulo secante es similar al módulo de tangente obtenido en algún porcentaje inferior de la máxima resistencia.

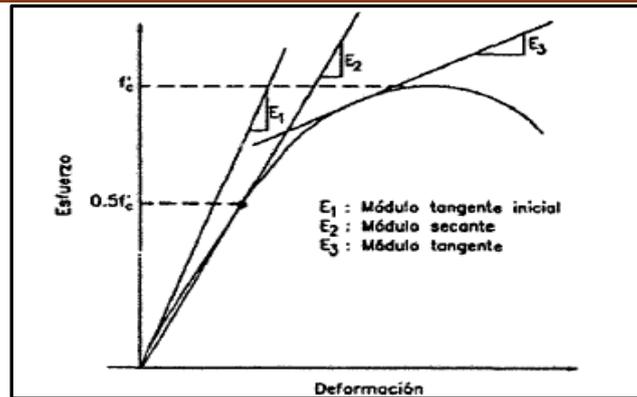


Figura 3: Módulo de elasticidad del concreto.

#### 2.2.6.4 Módulo de elasticidad estático según el RNE E-60

Según el Ítem 8.5.1 de la norma E060, para concretos de peso unitario  $w_c$  comprendido entre 1450 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, el módulo de elasticidad,  $E_c$ , para el concreto puede tomarse como:

$$E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \dots\dots (\text{en MPa})$$

Según el Ítem 8.5.2 de la norma E-060 para concretos de peso unitario normal ( $w_c \approx 2300$  kg/m<sup>3</sup>),  $E_c$ , puede tomarse como:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots (\text{en Mpa})$$

#### 2.2.6.5 Determinación del módulo de elasticidad del concreto

Para de módulo de elasticidad del concreto en función de esfuerzos de compresión al que hayan sido sometidos. Igualmente se puede calcular en el laboratorio mediante el ensayo del módulo de elasticidad según la norma (ASTM C-469).

Para determinar el módulo de elasticidad del concreto la norma (ASTM C-469). Establece los parámetros del ensayo y los requisitos que se deben cumplir los pasos a seguir se pueden dar en los siguientes:

- Se deben realizar probetas en concreto moldeadas cilíndricamente, y se deben probar una vez hayan cumplido los tiempos de fraguado y de curado previamente establecidos.

Como el módulo de elasticidad se manifiesta como la cantidad de deformación que tiene un material al aplicarle fuerzas de compresión por debajo de su límite elástico, las cargas deben ser máximas del 40% de la carga máxima de resistencia del concreto.

Se puede usar cualquier tipo de máquina de ensayo capaz de imponer una carga a una tasa y a una magnitud fijada en el numeral 6.4. de la (ASTM C- 469).

- Se debe utilizar un extensómetro que cumpla los requisitos en el numeral 4.2. de la norma (ASTM C- 469), para medir deformaciones de los cilindros una vez le están aplicando las fuerzas. Se debe disponer de un dispositivo sensible unido o no a la probeta, para medir con una aproximación de 5 millonésima la deformación promedio de dos marcas de referencia diametralmente opuestas, cada una paralela al eje y centradas hacia la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada marca de referencia no deberá ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado en el concreto ni mayor que  $2/3$  la altura del espécimen; la longitud preferida de las marcas de referencia es la mitad de la altura del espécimen. Las marcas de referencia pueden ser embebidas o adheridas al espécimen y la deformación de las dos líneas leídas independientemente; o puede ser usado un Compresómetro (tal como el mostrado en la Fig. 2) consistiendo en dos anillos, uno de los cuales (ver B en la Fig.1) está rígidamente ligado al espécimen y el otro (ver C en la Fig.2), ligado en dos puntos diametralmente opuestos de tal forma que está libre para rotar.

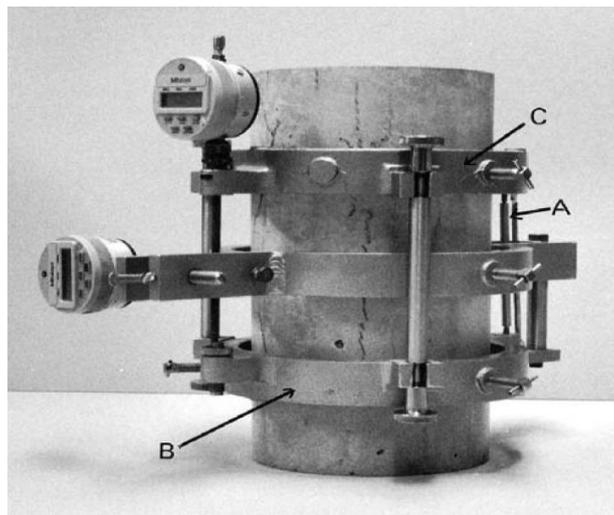


Figura 4: Compresómetro recomendado

- En un punto de la circunferencia del anillo o yugo, a mitad entre los dos puntos de soporte, deberá ser usado un vástago pivotado (ver A en la Fig. 2) para mantener una distancia constante entre los dos anillos. En el punto opuesto en

la circunferencia del yugo rotativo, el cambio de distancia entre los dos anillos (esto es la lectura del deformímetro), sea igual a la suma del desplazamiento debido a la deformación del espécimen y el desplazamiento debido a la rotación del yugo sobre el pivote (ver Fig. 4).

- La deformación puede ser medida por un dial usado directamente o por un sistema multiplicador de palanca, por un deformímetro de alambre o por un transformador diferencial lineal variable. Si la distancia del vástago pivotado y el medidor del plano vertical que pasa a través del punto de soporte del yugo rotativo son iguales, la deformación del espécimen es igual a un medio la lectura del dial.

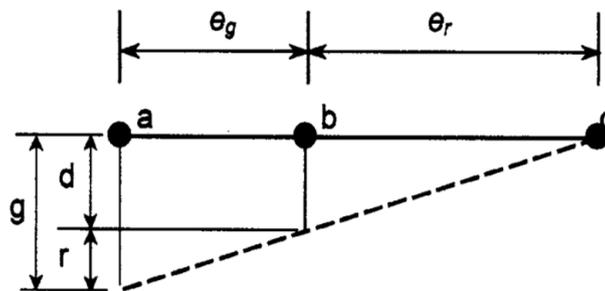


Figura 5: Diagrama de desplazamientos

Donde:

d = Desplazamiento debido a la deformación del espécimen

r = Desplazamiento debido a la rotación del anillo cercano al vástago pivote

a = Ubicación del transductor

b = Punto de apoyo del anillo libre

c = Ubicación del vástago pivote

g = Lectura en el transductor o deformímetro

- Si estas distancias no son iguales, la deformación deberá ser calculada como sigue:

$$d = g \times er / (er + eg)$$

Donde:

d = Deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva de la línea de referencia, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

g = Lectura del dial, ( $\mu$ pulg.,  $\mu$ m)

er = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el vástago pivotado al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

eg = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el dial a al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

- El módulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005}$$

Donde:

$E$  = Módulo de elasticidad secante, en MPa (psi)

$S_2$  = Esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última.

$S_1$  = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal,

$\varepsilon_1$  = Deformación longitudinal, de las 50 millonésimas, en MPa.

$\varepsilon_2$  = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$ .

## 2.2.7 Fundamentos estadísticos

### 2.2.7.1 La distribución Normal y la Resistencia en compresión del concreto

Está demostrado científicamente que los resultados de resistencia en compresión de un determinado concreto tienen una distribución de frecuencias que se ajusta a la denominada distribución normal, distribución de Gauss o también llamada campana de Gauss. Cuya expresión matemática viene dada por la función de densidad que es:<sup>24</sup>

$$Y = \frac{1}{D_s \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

Donde:

$Y$  = Función de la densidad de la distribución normal

$D_s$  = Desviación estándar

$\mu$  = Promedio muestra

$x$  = muestras

$e$  = 2.71828.

$\pi$  = 3.14159

Estando definida la Desviación estándar definida con la siguiente expresión

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n}{n - 1}}$$

Donde:

$D_s$  = Desviación estándar

$x_i$  = Resultados de los ensayos

$n$  = Número de ensayos

- **Coefficiente de Variación**

<sup>24</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap.8, Pág. 149

El coeficiente de variación, CV, es un cociente de la desviación estándar entre el promedio o media muestral. Que está definida en la siguiente expresión matemática:

$$CV = \frac{D_s}{\mu} \times 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variabilidad  
 $D_s$  = Desviación estándar  
 $\mu$  = Número de ensayos

Este parámetro es muy útil para evaluaciones estadísticas, permite comparar la variabilidad de diferentes muestras de una población o la variabilidad entre variables diferentes. En general un CV menor indica que los datos tienen poca variabilidad, que es lo mismo que decir que los valores observados son en general, cercanos al valor medio y cuando es mayor indica que tiene mayor variabilidad es decir que los valores están observados están lejos del valor esperado es decir tienen mayor margen de error.

#### 2.2.7.2 Variación de resultados entre testigos de una muestra.

Para evaluar la dispersión entre los resultados de probetas obtenidas de una misma tanda de concreto, dispersión motivada por las técnicas de obtención, preparación, curado y ensayo, se emplea la desviación Estándar entre testigos  $D_{ST}$  definida por la siguiente fórmula:

$$D_{ST} = \frac{1}{d_2} \times R$$

Donde:

$D_{ST}$  = Desviación estándar entre testigos  
 $d_2$  = Constante estadístico dependiente del número de cilindros promediados para representar una muestra.  
 $R$  = Rango promedio entre grupos de cilindros de una misma tanda

El coeficiente de variabilidad entre testigos.  $V_T$  viene a ser el cociente de la desviación estándar de las unidades experimentales de la muestra entre el promedio de las muestras en estudio, que está definida por la siguiente fórmula:

$$V_T = \frac{D_{ST}}{\mu_T} \times 100$$

Donde:

- $V_T$  = El coeficiente de variación entre testigos  
 $D_{ST}$  = Desviación Estándar entre testigos  
 $\mu_T$  = Promedio de resultados de testigos

En la Tabla 11 se muestran los valores de  $d_2$  y  $1/d_2$  aplicarse en las fórmulas indicadas.<sup>25</sup>

Tabla 11: Factores para el cálculo de la desviación Standard entre testigos.

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

FUENTE: Ing. Enrique Pasquel C.

En la tabla N°8, muestra distintos rangos en coeficiente de variación según el INEI, y su respectiva clasificación en cuanto a si la estimación es confiable o no en términos estadísticos.

Tabla 12: Clasificación del coeficiente de variación según INEI

CLASIFICACIÓN	RANGO DE COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (%)
Muy bueno	(0-5)
Bueno	[5-15)
Regular	[15-20)
Recomendable	[20-100]

FUENTE: INEI

Cabe señalar que esta clasificación es un primer paso, ya que la decisión final depende del tamaño de la muestra, y será finalmente responsabilidad del usuario dar buen uso e interpretación de las cifras.

<sup>25</sup> PASQUEL CARBAJAL, Enrique-Tópicos de tecnología del concreto. Segunda edición, Cap.8, Pág. 156

Por otro lado, acorde al libro de Tópicos de Tecnología de Concreto de Autor Ing. Pasquel Carbajal, Desde otra perspectiva, la misma Tabla 9 sirve para calificar el grado de control cuando se dispone de la información estadística de obra y/o de laboratorio.

Habiendo analizado los criterios generales, pasaremos a detallar algunos criterios particulares con aplicaciones prácticas.

Tabla 13: Valores de dispersión en el control del concreto.

DISPERSIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL ( kg/cm <sup>2</sup> )				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (%)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

## 2.3 HIPÓTESIS

### 2.3.1 Hipótesis general

Las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto ligero fabricado con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido son diferentes con respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional con agregados de la cantera de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días

### 2.3.2 Sub hipótesis

1. La obtención de un concreto con perlas de poliestireno expandido de mayor resistencia a compresión y menor peso volumétrico a la vez se alcanzará a menor porcentaje de perlas de poliestireno expandido en comparación con un concreto convencional.



2. La resistencia a compresión del concreto con perlas de poliestireno expandido es proporcional a la sustitución de perlas de poliestireno expandido en comparación con el concreto convencional.
3. La magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto con las perlas de poliestireno expandido es semejante a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto convencional.

## 2.4 VARIABLES E INDICADORES

### 2.4.1 Variables independientes.

- **Porcentajes de perlas de poliestireno expandido.**

Agregado de origen artificial, es un material plástico espumado derivado del poliestireno y utilizado en el sector de la construcción. El poliestireno expandible, se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión que es el pentano utilizado en porcentajes

#### Indicadores independientes

- Porcentajes de volumen (%)

### 2.4.2 Variables dependientes

- **Magnitud de resistencia a compresión**

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. el cual se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga.

- **Magnitud de peso volumétrico**

Peso por unidad de volumen de un concreto patrón y con sustitución del agregado fino

- **Magnitud de módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad del concreto es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. También se puede definir como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándole como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.



### **Indicadores dependientes**

- Esfuerzo ( $\text{kg/cm}^2$ )
- Peso unitario ( $\text{kg/cm}^3$ )
- Módulo de elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ )



2.4.3 Operacionalización de variables

VARIABLE TIPO		DESCRIPCIÓN	NIVELES		INDICADORES	INSTRUMENTOS
V. DEPENDIENTES	Resistencia a Compresión	La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. el cual se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga.	$f'_c$ evaluado a los	7 días 14 días 28 días	$\frac{kg}{cm^2}$	Formatos de recolección Fichas de laboratorio
	Peso Volumétrico	Peso por unidad de volumen de un concreto patrón y con sustitución del agregado fino	$\gamma_c$ evaluado a los	7 días 14 días 28 días	$\frac{kg}{m^3}$	
	Módulo de Elasticidad a la Compresión	El módulo de elasticidad del concreto es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. También se puede definir como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándole como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.	$\epsilon_c$ evaluado a los	7 días 14 días 28 días	$\frac{kg}{cm^2}$	
V. INDEPENDIENTES	Porcentaje de Perlas de poliestireno Expandido PPE	Agregado de origen artificial, es un material plástico espumado derivado del poliestireno y utilizado en el sector de la construcción El poliestireno expandible, se obtiene por polimerización del estireno con introducción de un agente de expansión que es el pentano utilizado en porcentajes.	Tipos <b>POLIESTIRENO EXPANDIDO "F" (CONSTRUCCIÓN):</b> Con aditivo retardador de llama Posee un componente ignifugo llamado bromo.	Características	%	Fichas técnicas de laboratorio
	Agregado Fino	Se consideran como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturado, de dimensiones reducidas que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumplen con los límites establecidos en la norma INTINTEC 400.037 Agregado de origen natural obtenido por degradación mecánica proveniente de la cantera del sector de Chancadora que será reemplazado en porcentajes de 20%, 30% de volumen por las perlas de poliestireno expandido.	<b>AGREGADO por formación natural</b> Formación por medio de un proceso geológico de forma natural los cuales han sido sometidos a desintegración natural de las rocas que pasan el tamiz 3/8" y son retenidas en el tamiz N° 200 <b>AGREGADOS por formación mecánica</b> Agregados obtenidos por procesos mecánicos a través de una desintegración artificial transformados por equipos trituradores en distintos granulometrías. Como es la piedra chancada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Excelente trabajabilidad.</li> <li>● Mayor resistencia al fuego que el concreto normal.</li> <li>● Buena aislación acústica.</li> <li>● Buena aislación térmica.</li> </ul>		



## CAPITULO III

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

##### 3.1.1 Tipo de investigación

###### 3.1.1.1 Tipo cuantitativa

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, en nuestra investigación se midió las magnitudes de las propiedades mecánicas del concreto como el Peso Volumétrico, Resistencia a Compresión y Módulo de Elasticidad, para luego ser estudiadas y analizados su evolución mediante procedimientos estadísticos. (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio 2014)

###### 3.1.1.2 Tipo aplicativa

La investigación es aplicativa, ya que obtendremos un producto final después de la investigación.

##### 3.1.2 Nivel de investigación

###### 3.1.2.1 Nivel descriptivo

Según Hernández Sampieri, Fernández Collano, & Baptista Lucio, (2014) nos dicen que los estudios descriptivos buscan describir y relacionar el grado que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables de las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

La investigación es de nivel descriptivo ya que describe las propiedades y las características de los fenómenos que ocurre en el transcurso de la investigación, esta descripción se refiere al comportamiento de cómo es y cómo se manifiesta los diferentes fenómenos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en de los diferentes tipos de reemplazamiento en



proporción del agregado fino por las perlas de poliestireno expandido en el proceso de elaboración del concreto con sus implicancias corerelacionales.

### **3.1.3 Método de la investigación**

#### **3.1.3.1 Método hipotético – deductivo**

Según Hernández Sampieri, Fernández Collano, & Baptista Lucio, (2014) indican que el método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para aplicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales de las propias hipótesis, verificación y comprobación de la verdad en los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

Teniendo la definición anterior se afirma que el método a utilizar en la investigación es el método Hipotético-Deductivo ya que en la investigación planteamos hipótesis y haciendo un análisis damos una conclusión de cada hipótesis planteada.

## **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **3.2.1 Diseño metodológico**

El diseño metodológico de la presente investigación es cuasi experimental Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014) el diseño de la presente investigación es cuasi experimental porque su objetivo es conocer causas y fenómenos que se producen al sustituir agregado grueso por porcentajes de poliestireno expandido modificado al concreto convencional, así como evaluar los cambios que se puedan producir.

- Manipulación intencional de variables.
- Medición de variables
- Control y validez.
- Grupos de Comparación.

La investigación a utilizar, por naturaleza del objeto de estudio será cuasi experimental ya que se obtiene los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio en la que se adecuo equipos y técnicas para realizar los ensayos, esta fase dará inicio a una serie de primeras especulaciones, pero a través de ciclos repetitivos y mayor cantidad de información van tomando una tendencia para llegar al primer resultado.

En toda investigación se pueden distinguir etapas fundamentales que se determinan por la naturaleza del problema, los objetivos, las tareas formuladas, las técnicas seleccionadas y por el tipo de investigación que se trata es cuasi experimental.

### 3.2.2 Diseño de ingeniería

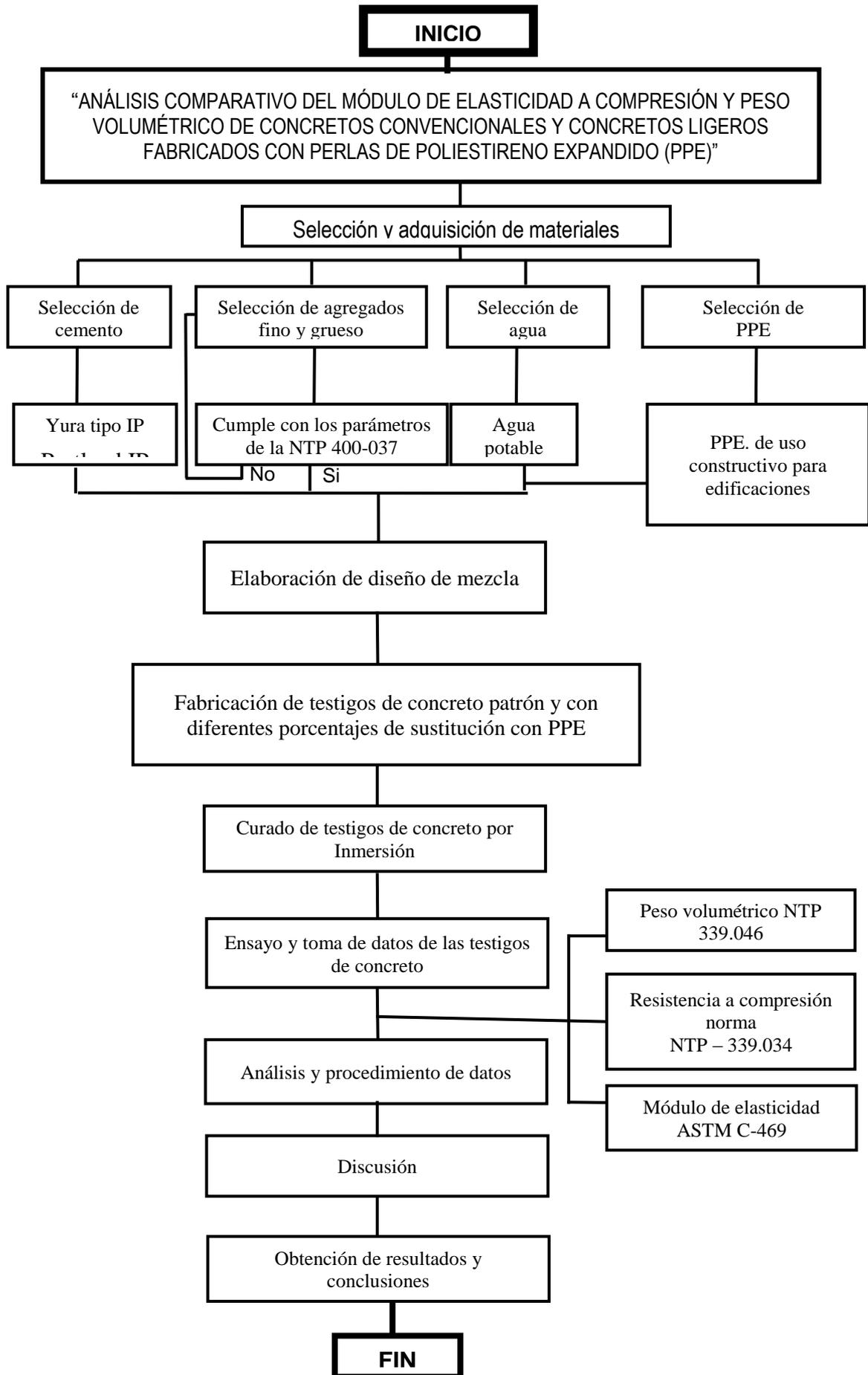
El trabajo de investigación se desarrolló de la siguiente manera:

- Se recopiló información del tema de investigación.
- Se procedió a la adquisición y almacenaje de materiales.
- Se ensayaron los materiales como son los agregados finos y gruesos para determinar sus características físicas. Los materiales analizados para esta investigación son:
  - Agregado grueso de la cantera del sector de Chancadora del distrito de Chincheros, provincia de Urubamba de la región de Cusco.
  - Agregado fino al 50% del sector de Chancadora del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba del departamento de Cusco no cumplió con los parámetros exigidos por la NTP 400-037 por lo que se tomó la decisión para su corrección de su granulometría el agregado fino al 50% de la cantera Cunyac del distrito de Curahuasi, provincia de Abancay del departamento de Apurímac.
  - Perlas de poliestireno expandido se adquirió en las tiendas de Import Cusco dedicados a la venta de planchas de tecnoport para construcción ubicado en el distrito de San Jerónimo de la región del Cusco.
- Para el diseño se usó agua potable provisto por la EPS Seda Cusco S.A.
- Con la información recopilada se elaboró el diseño de mezcla de concreto.
- Se elaboró las dosificaciones para los diferentes tipos de concreto como para el concreto patrón, concretos sustituidos en porcentaje al agregado fino al 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido.
- Se elaboraron testigos de concreto patrón con resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, así como testigos con porcentajes de 10%, 20% y 30% de sustitución de agregado fino por perlas poliestireno expandido.
- Se realizó la prueba de SLUMP para evaluar la consistencia de la mezcla.
- Se realizó el curado de probetas según la edad de 7, 21 y 28 días.



- Se midió las dimensiones de los testigos, así como el pesado de los mismos.
- Se procedió a realizar el ensayo de rotura de testigos a compresión según la edad de 7, 21 y 28 días.
- Se procedió a realizar el ensayo de módulo de elasticidad a las muestras de concreto.
- Se procesaron y evaluaron los resultados obtenidos de los ensayos, para la elaboración de conclusiones y recomendaciones de la investigación.
- Se realizó en forma racional y conectiva, debido a que todos los factores estudiados conducen a una respuesta, y se elabora su interpretación ya sea conforme a otras teorías conocidas o con la generación de nuevas hipótesis.
- Se ajustó y se ordenó consecuentemente los resultados para presentarlos de una manera clara y convincente.

La secuencia de pasos durante la investigación se puede observar en el siguiente organigrama:





### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 Población**

##### **3.3.1.1 Descripción de la población**

La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación. (Arias, 1999)

La población para la presente investigación, es el conjunto de 72 briquetas de concreto convencional y concretos reemplazando el agregado fino con perlas de poliestireno expandido al 10%, 20%, al 30% en peso sustituidos en volumen, para concretos  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

##### **3.3.1.2 Cuantificación de la población**

La cuantificación de la población que se consideró son de 72 testigos de concreto siendo 18 testigos para concreto patrón y 18 testigos para cada dosificación de concretos al 10%, 20% Y 30% de perlas de poliestireno expandido.

#### **3.3.2 Muestra**

##### **3.3.2.1 Descripción de la muestra**

Las muestras están conformadas por testigos cilíndricos y prismáticos de concreto con dosificación según diseño de mezclas ACI 211 para una resistencia a la compresión  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, y concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido al 10%, 20% y al 30%.

##### **3.3.2.2 Cuantificación de las muestras**

La cuantificación de las muestras que se consideró 72 testigos de concreto siendo 18 testigos para concreto patrón y 18 testigos para cada dosificación de concretos al 10%, 20% Y 30% en peso al agregado fino sustituidos en volumen las perlas de poliestireno expandido.

##### **3.3.2.3 Método de muestreo**

El método de muestreo que se utilizó en la presente investigación es por conveniencia, ya que sobre todos los elementos de estudio no habrá una selección al azar ni probabilística, sino que se utilizaran todos los elementos considerados en la población.



La muestra fue cuantificada de manera precisa por lo tanto se usarán como elementos de evaluación y cuantificación de la muestra briquetas fabricadas en base a las mezclas de sus componentes adicionados separadamente a diferentes porcentajes de perlas de poliestireno expandido.

#### **3.3.2.4 Criterio de evaluación de muestra**

Los elementos fabricados para la presente investigación se hicieron los ensayos en cada uno de testigos para cada tipo de concretos elaborados que deben cumplir los requisitos según las Normas Técnicas Peruanas y la normas ASTM para poder ser sometidas a las pruebas de peso volumétrico, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

Las consideraciones que establecen las Normas Técnicas Peruanas y las normas ASTM son para todos los especímenes, es decir, las briquetas de concreto tengan las dimensiones estandarizadas para realizar la prueba, que no estén dañadas, que hayan cumplido sus 28 días de curado; además que se debe de verificar que los materiales constituyentes hayan sido mezclados según las dosificaciones del diseño de mezcla previamente desarrollado.

Se evaluó las siguientes muestras a los 28 días de curado:

- 18 testigos de concreto convencional patrón evaluados según la NTP – 339-034 Y ASTM C-469.
- 18 testigos de concreto sustituidos al agregado fino con perlas de poliestireno expandido al 10% de volumen evaluados según la NTP – 339-034 Y ASTM C-46918
- 18 testigos de concreto sustituidos al agregado fino con perlas de poliestireno expandido al 20% de volumen evaluados según la NTP – 339-034 Y ASTM C-46918
- 18 testigos de concreto sustituidos al agregado fino con perlas de poliestireno expandido al 30% de volumen evaluados según la NTP – 339-034 Y ASTM C-46918

#### **3.3.3 Criterios de inclusión**

- Se realizó la presente tesis tomando en cuenta la cantera del sector denominado la Chancadora del distrito de Chichero para el agregado grueso y 50% de agregado fino y el 50% de agregado fino de la cantera



de Cunyac del distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, ya que el objetivo de estudio no es el análisis de canteras sino determinar el comportamiento de las materias primas en la elaboración del concreto.

- Se usó para la elaboración del concreto las perlas de poliestireno expandido reemplazado al agregado fino, estos se incorporarán en la pasta del concreto.
- El cemento para la evaluación de la muestra es del tipo Portland IP.
- El concreto utilizado como referencia de estudio tiene una resistencia a la compresión de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Se incluye en la investigación para la elaboración de testigos de concreto los datos del agregado grueso, agregado fino y el nombre de la cantera en estudio.
- Agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " de la Cantera del sector Chancadora.
- Agregado fino de la cantera del sector de Chancadora y Cunyac
- Las perlas de poliestireno expandido reemplazantes al agregado fino serán en porcentajes de 10%, 20% y 30%, del peso del agregado y sustituidos en función al volumen.
- Los testigos usados para las pruebas de ensayo de laboratorio son seleccionados cuidadosamente lo más posible que estén en perfectas condiciones, es decir testigos estándares en dimensiones y sin ninguna deformación.

### 3.4 INSTRUMENTOS

Para poder avanzar y llegar a resultados en la presente investigación se requerirá aplicar o recurrir a las siguientes:

#### 3.4.1 Instrumentos de recolección de datos

Utilizando como instrumentos de recolección de datos; fuentes documentales y fichas textuales, de los resultados a la compresión aplicada a los testigos que se elaboraran en el Laboratorio de Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco con la inclusión de las perlas de poliestireno expandido como agregados finos en sus distintas dosificaciones para obtener los resultados de proceso de fraguado y obtener los resultados a compresión y aligeramiento del peso del concreto de modo se



obtendrá las magnitudes del módulo de elasticidad . Para todo esto será necesario recurrir a fuentes como libros especializados, documentos oficiales e internet; que aplicaremos para obtener los datos de los dominios de las variables: conceptos básicos, técnicas avanzadas

En las cuales se verán los parámetros a considerar en el diseño de mezcla, así como las características que poseen el agregado en estudio, parámetros para medir la resistencia y fraguado y las materias primas que se adicionaran al concreto a emplear.

### **3.4.2 Fichas técnicas**

En las cuales se verán los parámetros a considerar en el diseño de mezcla, así como las características que poseen el agregado en estudio, parámetros para medir la resistencia y fraguado y las materias primas que se adicionaran al concreto a emplear.

3.4.2.1 Ficha técnica agregado fino

Tabla 14: Ficha para granulometría de agregado fino

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FORMATO DE LABORATORIO</b>					
<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"</p>							
<b>GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO</b>							
<b>Tesistas</b>		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
<b>Lugar</b>							
<b>Cantera</b>		<b>Fecha</b>					
<b>Norma</b>		NTP 400-037		<b>Módulo de Fineza</b>			
<b>DATOS DE ENSAYO</b>							
<b>Peso Muestra</b>							
<b>MALLA</b>		<b>PESO</b>	<b>% RET</b>	<b>% RET</b>	<b>% QUE</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>(g)</b>	<b>Parcial</b>	<b>Acum.</b>	<b>Pasa</b>		
3/8"	9,525					<b>100</b>	
N°4	4,760					<b>95</b>	<b>100</b>
N°8	2,360					<b>80</b>	<b>100</b>
N°16	1,190					<b>50</b>	<b>85</b>
N°30	0,600					<b>25</b>	<b>60</b>
N°50	0,300					<b>10</b>	<b>30</b>
N°100	0,149					<b>2</b>	<b>10</b>
N°200	0,074					<b>0</b>	<b>2</b>
CAZUELA						<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 15: Ficha para peso unitario y vacíos del agregado fino

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FORMATO DE LABORATORIO</b>				
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b>						
Tesisistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota				
Lugar						
Cantera		Fecha				
Norma		NTP 400-017				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>DETERMINACIÓN N°</b>	<b>SUELTO</b>			<b>VARILLADO</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde más agregado seco ( g )						
Peso del molde ( g )						
Peso del agregado seco ( g )						
Volumen del molde ( cc )						
Peso específico Bulk del agregado ( gr/cc )						
Vacíos en el agregado ( % )						
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )						
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )						
Observaciones:						

Tabla 16: Ficha gravedad específica y absorción de agregado fino

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
FORMATO DE LABORATORIO			
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"			
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO</b>			
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota		
Lugar			
Cantera		Fecha	
Norma	NTP 400-022		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Item	DESCRIPCIÓN	VALORES	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (g)		
B	Peso Frasco + agua		
C	Peso Frasco + agua + A (g)		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (g)		<b>PROMEDIO</b>
H	Pe bulk ( Base seca ) = F/E		
I	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E		
J	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G		
K	% de absorción = ((A - F)/F)*100		
OBSERVACIONES:			

Tabla 17: Ficha de contenido de humedad de agregado fino

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>			
		<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>			
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO</b>					
Tesistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar					
Cantera			Fecha		
Norma		NTP 339-127			
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>	<b>PROMEDIO</b>
PESO DE CAPSULA (g)					
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO (g)					
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)					
PESO DEL AGUA (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE AGUA (%)					

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =	0.00%
---------------------------------	-------

3.4.2.2 Ficha técnica agregado grueso

Tabla 18: Ficha para granulometría de agregado grueso

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FORMATO DE LABORATORIO</b>					
<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"</p>							
<b>GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO</b>							
Tesistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
Lugar							
Cantera				Fecha			
Norma		NTP 400-037		Módulo de Fineza			
<b>DATOS DE ENSAYO</b>							
Peso Muestra							
MALLA		PESO	% RET	% RET	% QUE	ESPECIFICACIONES	
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa		
2 1/2"	63,500					100	100
2"	50,600					100	100
1 1/2"	38,100					100	100
1"	25,400					90	100
3/4"	19,050					40	85
1/2"	12,700					10	40
3/8"	9,525					0	15
N° 4						0	10
N° 8						0	5
N° 16						0	0

Tabla 19: Ficha para peso unitario y vacío de agregado grueso suelto

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FORMATO DE LABORATORIO</b> 						
<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"</p>						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO</b>						
Tesis	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
Lugar						
Cantera		Fecha				
Norma	NTP 400-017					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>DETERMINACIÓN N°</b>	<b>SUELTO</b>			<b>VARILLADO</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde más agregado seco ( g )						
Peso del molde ( g )						
Peso del agregado seco ( g )						
Volumen del molde ( cc )						
Peso específico Bulk del agregado ( g/cc )						
Vacíos en el agregado ( % )						
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )						
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )						
Observaciones:						

Tabla 20: Ficha para peso unitario y vacío de agregado grueso varillado

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FORMATO DE LABORATORIO</b> 						
<b>ÁNALISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"</b>						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO VARILLADO</b>						
Tesis	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
Lugar						
Cantera		Fecha				
Norma	NTP 400-017					
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACIÓN N°	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde más agregado seco ( g )						
Peso del molde ( g )						
Peso del agregado seco ( g )						
Volumen del molde ( cc )						
Peso específico Bulk del agregado ( g/cc )						
Vacíos en el agregado ( % )						
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )						
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )						
Observaciones:						

Tabla 21: Ficha gravedad específica y absorción de agregado grueso

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>			
		<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>			
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"					
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO</b>					
Tesistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar					
Cantera		Fecha			
Norma		NTP 400-022			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DETERMINACIÓN N°</b>	<b>VALORES</b>			
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (g)				
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (g)				
C	Vol. de masa + vol. de vacíos = A-B (g)				
D	Peso material seco-estufa ( 105 °C )(g)				
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (g)				<b>PROMEDIO</b>
F	Pe bulk ( Base seca ) = D/C				
G	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C				
I	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E				
J	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )				
OBSERVACIONES:					

Tabla 22: Ficha de contenido de humedad de agregado grueso

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO</b>				
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar				
Cantera		Fecha		
Norma	NTP 339-127			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA (g)				
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO (g)				
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)				
PESO DEL AGUA (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE AGUA (%)				

Tabla 23: Ficha método de abrasión resistencia al desgaste del agregado grueso

 <h2 style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</h2> <h3 style="text-align: center;">FORMATO DE LABORATORIO</h3>						
<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"</p>						
<h4>MÉTODO DE ABRASIÓN RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO</h4>						
Tesis	Ferdinan M. Saavedra Argandoña					
as	Fernando CCorimanya Sota					
Lugar						
Cant		Fecha				
Norma	NTP 400-019					
DATOS DE LA MUESTRA						
MATERIAL GRUESO - PIEDRA CHANCADA		ESPECIFICACIONES		TAMAÑO MÁXIMO		
		PESOS	GRADUACION	N° ESFERAS	PASA	RETENIDOR
Pi =Peso inicial de la muestra (g)			A	12	1 1/2"	1"
Pf= peso final - muestra después de pasada en malla N° 12 (g)			B	11	3/4"	1/2"
Graduacion			C	8	3/8"	1/4"
CALCULO : % DE ABRASION			D	6	N° 4	N° 8
%ABRASION=(Pi-Pf)/Pi*100			VELOCIDAD		500 rev.	
					30 rev./min	

PORCENTAJE DE ABRASIÓN =



3.4.2.3 Fichas para ensayo peso volumétrico

Tabla 24: Ficha ensayo de peso volumétrico

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FORMATO DE LABORATORIO</b> </div> 													
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"													
Tesis		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota											
<b>ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO</b>													
<b>NOMBRE TESTIGO F'C=210 Kg/cm2</b>													
LUGAR										FECHA			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg /m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg /m3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				



3.4.2.4 Fichas para ensayo de resistencia

Tabla 25: Ficha de control de producción y resistencia del concreto

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FORMATO DE LABORATORIO</b> </div> 															
"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"															
Tesisistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota													
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL</b>															
<b>NOMBRE DEL TESTIGO CRETO F'C=210 Kg/cm2</b>															
LUGAR															
CANTERA										FECHA					
NORMA															
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA A (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						

3.4.2.5 Fichas de módulo de elasticidad

Tabla 26: Fichas de control de módulo de elasticidad

**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
FORMATO DE LABORATORIO

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE)"

**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**

NOMBRE DE TESTIGO

BRIQUETA N°		ALTIMETRO (cm)	
FECHA DE FABRIC.		DIAMETRO (cm)	
FECHA ROTURA		AREA (cm <sup>2</sup> )	
PROCENTAJE		RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO		RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformímetro

1 línea	0.0001"	0.00000254
eg=		
er=		
r=		

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotación del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localización del deformímetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localización de la barra pivote.  
g = lectura del deformímetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformímetro en "líneas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria (e)

Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia última

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

		$\epsilon_2$

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolación de la resistencia para las 50 milionesima de la deformación unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$S_1$

Entonces  $S_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$S_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

E=  Kg/cm<sup>2</sup>

ESFUERZO & DEFORMACION UNITARIA



### 3.4.3 Instrumentos de ingeniería

Entre los instrumentos utilizados para esta investigación tenemos los siguientes:

- Mezcladora de concreto 3 pie<sup>3</sup>
- Máquina de compresión axial.
- Compresómetro o deformímetro.
- Agitador mecánico de tamices.
- Juego de tamices.
- Bomba de vacíos.
- Horno eléctrico 105 °C ± 5 °C.
- Balanza de precisión ± 0.10 g.
- Juego de tamices.
- Fiola.
- Cono de acero.
- Molde Proctor.
- Varilla de 5/8" liso de 20 cm.
- Cono de Abrahams.
- Martillo de goma.
- Briquetas de 15" x 30".
- Utensilios.
- Flexómetro.
- Balde de 5 galones.
- Bandejas metálicas.
- Espátula.
- Brocha.
- Cronómetro.
- Franela.
- Batidor de concreto.
- Nivel de mano.
- Compás.
- Pala.
- Carretilla.

### 3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.5.1 Procedimiento de recolección de datos de agregado fino

##### 3.5.1.1 Granulometría agregado fino (NTP 400.037)

###### 3.5.1.1.1 Instrumentos y equipos

- Una balanza de precisión  $\pm 0.10g$
- Una brocha
- Recipientes, espátula, cucharón.
- Serie de tamices: tamiz N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Equipo tamizador.
- Cronómetro

###### 3.5.1.1.2 Procedimiento de la toma de muestras

Los ensayos se realizaron con 50% del agregado fino de la cantera del sector denominado Chancadora del distrito de Chinchero provincia de Urubamba y el 50% de agregado fino de la cantera de Cunyac de las riveras del rio Apurímac del departamento de Apurímac, para poder cumplir con los parámetros establecidos en la norma se procedió de la siguiente manera.

- Una vez que se cuenta con el agregado fino traído de las canteras al laboratorio se realiza con los procesos requeridos para la selección de la muestra como es el cuarteo correspondiente del material en análisis.



Figura 6: Cuarteo de agregado



Figura 7: Agregado fino

- Se toma una muestra procedente del cuarteo del agregado fino, se procede a colocar los tamices de acuerdo al orden y se ajustan los tornillos para ser sujetados en la maquina agitador mecánico de tamices una vez llenado controlar el tiempo de cinco minutos.



Figura 8: Serie de tamices agregado fino

- Procedemos a echar todo el agregado fino en la malla N°4 para comenzar a tamizar mecánicamente. Se emplea 5 minutos, para el proceso de zarandeo el agregado tiene que estar en estado seco, dependerá mucho del contenido de humedad de nuestro material.



Figura 9: Serie de tamices para agregado grueso



Figura 10: Tamizando el material

- Transcurrido el tiempo establecido retiramos los tamices de la máquina Granulométrica y empezamos a hacer los pesajes del agregado que llega a retener cada tamiz.



Figura 11: Desarmado de tamices



Figura 12: Pesado de agregado

- Completamos los datos del cuadro anterior con los datos que lleguemos a pesar en cada tamiz y lo dibujamos en la Curva Granulométrica para determinar si el ensayo es óptimo o no para el concreto.



Figura 13: Material por serie de tamices

### 3.5.1.1.3 Datos obtenidos

Tabla 27: Datos granulometría agregado fino

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO								
Tesisistas		Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota						
Lugar		Laboratorio de Ing. Civil de la UAC						
Cantera		Chancadora - Cunyac			Fecha			
Norma		NTP 400-037			Módulo de Fineza			
DATOS DE ENSAYO								
Peso Muestra		1708.9						
MALLA		PESO	% RET	% RET	% QUE	ESPECIFICACIONES		
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa			
3/8"	9,525						100	
N°4	4,760	118.63				95		100
N°8	2,360	109.25				80		100
N°16	1,190	88.80				50		85
N°30	0,600	445.61				25		60
N°50	0,300	483.76				10		30
N°100	0,149	99.20				2		10
N°200	0,074	59.19				0		2
CAZUELA		95.56				0		0

### 3.5.1.2 Peso unitario del agregado fino (NTP 400-017)

#### 3.5.1.2.1 Equipos y materiales

- Molde Proctor.
- Varilla metálica 5/8" de 50cm
- Balanza graduada  $\pm 0.10g$
- Recipientes
- Agregado fino

#### 3.5.1.2.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Una vez que se cuenta con el agregado fino traído de las canteras al laboratorio se realiza con los procesos requeridos para la selección de la muestra como es

el cuarteo correspondiente del material en análisis.



Figura 14: Muestra para peso unitario agregado fino



Figura 15: Cuarteo de agregado

- Se procede a pesar los moldes con y sin collarín.



Figura 16: Peso del molde sin agregado

- Se procede a medir las dimensiones del molde tanto el diámetro de la base y altura.

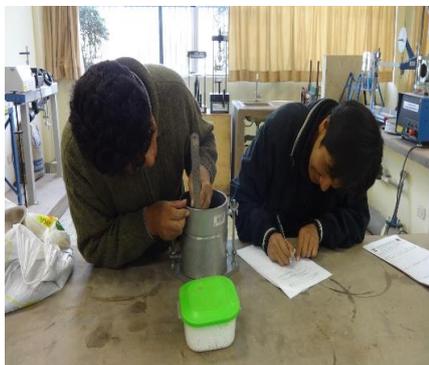


Figura 17: Altura del molde



Figura 18: Diámetro del molde

- Se procede a colocar el material en el primer tercio inferior del molde. Y se procede a compactar con la varilla metálica el material de 25 golpes por la varilla, repetir este proceso durante dos veces.



Figura 19: Vaciado de agregado fino a molde    Figura 20: Varillado de agregado

- Una vez retirado el collarín y enrasar se procede a pesar el cilindro sin collarín y se pesa el agregado fino sin varillar.



Figura 21: Peso del molde más muestra

- Se procede a compactar en 3 partes, donde el primer tercio inferior se compacta con 25 golpes de varilla sobre el agregado y así sucesivamente hasta completar las tres partes.



Figura 22: Molde con 1ra capa de agregado    Figura 23: Varillado por capas de agregado

- Luego se pesa el agregado más el recipiente y se anota los valores obtenidos.



Figura 24: Pesado de agregado varillado

### 3.5.1.2.3 Datos obtenidos

Tabla 28: Datos peso unitario del agregado fino

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC					
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha				
Norma	NTP 400-037					
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACIÓN N°	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde más agregado seco ( g )	6645.20	6650.20	6640.33	6892.30	6875.30	6885.50
Peso del molde ( g )	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40
Peso del agregado seco ( g )	4390.80	4395.80	4385.93	4637.90	4620.90	4631.10
Volumen del molde ( cc )	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35
Peso específico Bulk del agreg. ( g/cc )						
Vacíos en el agregado ( % )						
Peso Unitario Seca ( kg/m <sup>3</sup> )						
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )						
Observaciones:						

### 3.5.1.3 Gravedad específico y absorción de agregado fino (NTP 400-022)

#### 3.5.1.3.1 Equipos y materiales

- Agregado fino
- Balanza ± 0.10 gr
- Probeta graduada de 1000 ml.
- Pipeta
- Recipientes
- Franela
- Bomba de vacíos

- Cono de acero
- Secadora

### 3.5.1.3.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Una vez que se cuenta con el agregado fino traído de las canteras al laboratorio se realiza con los procesos requeridos para la selección de la muestra como es el cuarteo correspondiente del material en análisis.



Figura 25: Cuarteo de la muestra

- Se satura el material obtenido durante las 24 horas y se procede a secar el material haciendo uso de una secadora hasta que se obtenga su estado de saturado superficialmente seca, obteniéndose con un cono de acero el cual es compactado de 25 golpes y una vez sacado el molde se desmorone.



Figura 26: Secado de agregado



Figura 27: Prueba de cono

- Pesar la probeta vacía.



Figura 28: Peso de probeta vacía

- Pesar la probeta con 500 ml de agua y luego se vierte el material y finalmente se completa los 1000 ml. con agua.



Figura 29: Peso de probeta con agregado

- Se procede a pesar la probeta contenido el material y el agua.



Figura 30: Peso de la probeta con agregado + agua

- Prosiguiendo a extraer el aire con la bomba de vacíos.



Figura 31: Extrayendo el aire con bomba de vacíos

- Pesar la probeta con todo el material contenida y se extrae el material de la probeta y se lleva al horno durante las 24 horas.



Figura 32: Pesado después de extraer el aire

- Procedemos a pesar el material extraído del horno.

### 3.5.1.3.3 Datos obtenidos

Tabla 29: Datos gravedad específica y absorción de agregado fino

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO				
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC			
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha		
Norma	NTP 400-037			
DATOS DE LA MUESTRA				
Item	DESCRIPCIÓN	VALORES		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (g)	500.00		
B	Peso Frasco + agua	1278.97		
C	Peso Frasco + agua + A (g)	1778.97		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	1580.47		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	487.54		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (g)			<b>PROMEDIO</b>
H	Pe bulk ( Base seca ) = F/E			
I	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E			
J	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G			
K	% de absorción = ((A - F)/F)*100			
OBSERVACIONES:				

### 3.5.1.4 Contenido de humedad de agregado fino (NTP 339-127)

#### 3.5.1.4.1 Equipos y materiales

- Horno eléctrico 105 °C ± 5 °C
- Balanza ± 0.10g
- Taras

**3.5.1.4.2 Procedimientos de la toma de muestra**

- Procedemos a enumerar y pesar las taras para luego llenar de agregado las taras
- Luego procedemos a llenar las taras de agregado, se procede con su pesado respectivo de cada tara en una balanza bien calibrada y registramos dichos datos.



Figura 33: Peso de cada muestra

- Procedemos a colocar las taras en el horno a una temperatura de 100 °C ± 5 durante 24 horas
- Una vez cumplida las 24 horas estas muestras son retiradas y pesadas incluidas las taras.

**3.5.1.4.3 Datos obtenidos**

Tabla 30: Ficha datos contenido de humedad de agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO				
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC			
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha		
Norma	NTP 339-127			
DATOS DE LA MUESTRA				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA (g)	37.00	37.00	37.00	37.00
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO (g)	180.00	172.00	169.00	173.67
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)	173.20	165.50	162.70	167.13
PESO DEL AGUA (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE AGUA (%)				

### 3.5.2 Procedimiento de recolección de datos de agregado grueso

#### 3.5.2.1 Granulometría de los agregados gruesos

##### 3.5.2.1.1 Equipos y materiales

- Muestra de agregado grueso.
- Una balanza de precisión  $\pm 0.10g$ .
- Una brocha
- Recipientes
- Serie de tamices 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8, fondo
- Cronómetro

##### 3.5.2.1.2 Procedimiento de la toma de muestra

- Una vez estando en laboratorio el agregado que se trajo de cantera lo hacemos pasar por el tamiz de 2" y lo que llegue a retener un promedio de 5 a 10 kg. en el tamiz N°4 vendría a denominarse agregado grueso, para luego tomar la muestra representativa.



Figura 34: Muestra de agregado grueso

- Se toma una muestra aproximada del agregado grueso por el Método del Cuarteo y se procede con la operación de tamizado y así determinar una muestra representativa.



Figura 35: Cuarteo de agregado grueso

- Seleccionamos las dos partes opuestas que serán las muestras representativas y procedemos a pesarla dándonos un total de 2269.31gr.

- Limpiamos cada una de las mallas con brochas tanto por dentro como por fuera y empezamos a ordenar los tamices en forma descendente desde la malla 1½" hasta la N° 4 y al fondo de todas estas la cazuela. Esta operación de tamizado la podemos realizar a mano o mediante el empleo de la máquina adecuada.



Figura 36: Colocado de agregado grueso a tamices

- Entonces estos tamices ordenados de manera descendente lo colocamos a la máquina agitadora de tamices y empezamos a tamizar; posteriormente realizamos los pesajes del agregado que llega a retener cada tamiz.

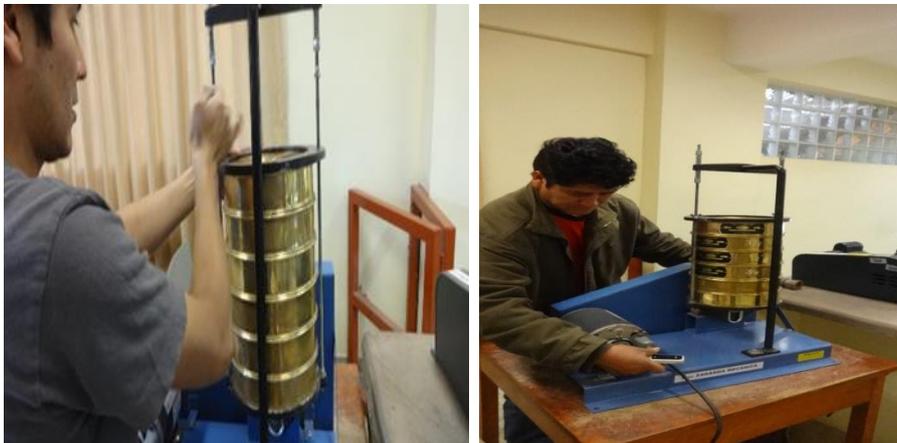


Figura 37: Tamizado de agregado en maquina tamizadora

- Completamos el cuadro con los datos que lleguemos a pesar en cada tamiz y lo dibujamos en la curva granulométrica para determinar si el ensayo es óptimo o no para el diseño de la mezcla.



Figura 38: Pesado de agregado retenido en cada tamiz

### 3.5.2.1.3 Datos obtenidos

Tabla 31: Datos granulometría agregado grueso

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO								
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota							
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC							
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha						
Norma	NTP 400-037	Módulo de Fineza						
DATOS DE ENSAYO								
Peso Muestra	2269.31							
MALLA		PESO	% RET	% RET	% QUE	ESPECIFICACIONES		
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa			
2 1/2"	63,500	0.00	0.00%	0.00%	100.00			
2"	50,600	0.00	0.00%	0.00%	100.00	<b>100</b>		<b>100</b>
1 1/2"	38,100	0.00	0.00%	0.00%	100.00	<b>100</b>		<b>100</b>
1"	25,400	0.00	0.00%	0.00%	100.00	<b>100</b>		<b>100</b>
3/4"	19,050	82.45	5.50%	5.50%	94.50	<b>90</b>		<b>100</b>
3/8"	9,525	955.75	63.72%	69.21%	30.79	<b>20</b>		<b>55</b>
N° 4		383.65	25.58%	94.79%	5.21	<b>0</b>		<b>10</b>
N° 8		78.15	5.21%	100.00%	0.00	<b>0</b>		<b>5</b>
N° 16		0	0.00%	100.00%	0.00	<b>0</b>		<b>0</b>

### 3.5.2.2 Peso unitario del agregado grueso (NTP 400-017)

#### 3.5.2.2.1 Equipos y materiales

- Agregado grueso
- Molde Proctor.
- Varilla metálica 5/8" de 50cm
- Balanza graduada  $\pm 0.10g$
- Flexómetro

- Recipientes
- Guantes

### 3.5.2.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Una vez que se cuenta con el agregado fino de la cantera al laboratorio se realiza con los procesos requeridos para la selección de la muestra como es el cuarteo correspondiente del material en análisis.



Figura 39: Cuarteo de agregado grueso para peso unitario

- Se procede a pesar los moldes con y sin collarín.
- Se procede a medir las dimensiones del molde tanto el diámetro de la base y altura.

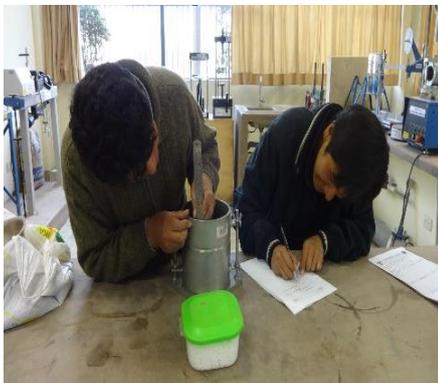


Figura 40: Altura de molde



Figura 41: Diámetro de molde

- Se pesa el agregado suelto con el molde usado para la prueba.



Figura 42: Pesado de molde más agregado sin varillado

- Para realizar el ensayo del peso unitario compactado se procede a realizar los siguientes pasos:
  - ❖ Se procede a colocar el material a un tercio de la altura del molde, y se procede a compactar con la varilla de 5/8" metálica haciendo 25 golpes en cada capa del material, repetir este proceso a las dos terceras partes y al total de altura.



Figura 43: Colocado de material a los 1/3 del molde



Figura 44: Varillado de material

- ❖ Una vez retirado el collarín y enrasar y se procede a pesar el cilindro sin collarín.



Figura 45: Pesado de molde más material varillado

- Se procede a anotar los pesos obtenidos de los ensayos realizados.

- Se procede a hallar el peso unitario del agregado.

### 3.5.2.2.3 Datos obtenidos

Tabla 32: Datos peso unitario de agregado grueso

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota					
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC					
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha				
Norma	NTP 400-017					
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACIÓN N°	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde más agregado seco ( g )	6784.40	6824.20	6744.30	7278.50	7260.50	7295.60
Peso del molde ( g )	2784.00	2784.00	2784.00	2945.20	2945.20	2945.20
Peso del agregado seco ( g )	4000.40	4040.20	3960.30	4333.30	4315.30	4350.40
Volumen del molde ( cc )	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35
Peso específico Bulk del agregado ( g/cc )						
Vacíos en el agregado ( % )						
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )						
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )						
Observaciones:						

### 3.5.2.3 Gravedad específico y absorción de agregado grueso (NTP 400-022)

#### 3.5.2.3.1 Equipos y materiales

- Balanza de precisión  $\pm 0.10$  g.
- Cesta metálica.
- Balde
- Recipientes
- Franela
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Guantes
- Cucharón

#### 3.5.2.3.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Una vez que se cuenta con el agregado grueso traído de las canteras al laboratorio se realiza con los procesos requeridos para la selección de la muestra como es el cuarteo correspondiente del material en análisis.



Figura 46: Muestra de A. grueso



Figura 47: Cuarteo de la muestra

- Se satura el material obtenido durante 24 horas.



Figura 48: Material saturado

- Se procede a secar el material saturado con una franela después de haber remojado durante 24 horas.



Figura 49: secado de material saturado

- Después de haber secado el material se procede a pesar el agregado dentro del agua y luego se lleva al horno durante 24 horas.
- Se procede a pesar el material una vez extraído del horno.



Figura 50: Peso de material seco

### 3.5.2.3.3 Datos obtenidos

Tabla 33: Datos gravedad específica y absorción de agreg. grueso

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO				
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC			
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha		
Norma	NTP 400-022			
DATOS DE LA MUESTRA				
ITEM	DETERMINACIÓN N°	VALORES		
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (g)	800.00		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (g)	497.98		
C	Vol. de masa + vol. de vacíos = A-B (g)			
D	Peso material seco-estufa ( 105 °C )(g)	791.47		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (g)			<b>PROMEDIO</b>
F	Pe bulk ( Base seca ) = D/C			
G	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C			
I	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E			
J	% de absorción = $(( A - D ) / D * 100 )$			
OBSERVACIONES:				

### 3.5.2.4 Contenido de humedad de agregado grueso (NTP 339-185)

#### 3.5.2.4.1 Equipos y materiales

- Horno eléctrico 110°C ± 5°C.
- Balanza de precisión ± 0.10g.
- Bandejas.
- Franela.
- Guantes.

### 3.5.2.4.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Procedemos a enumerar y pesar las taras para luego llenar de agregado en las taras.
- Luego procedemos a pesar cada tara y registramos dichos datos.
- Procedemos a colocar las taras en el horno a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} + 5$  durante 24 horas.
- Una vez cumplida las 24 horas estas muestras son retiradas y pesadas incluidas las taras.

### 3.5.2.4.3 Datos obtenidos

Tabla 34: Datos de contenido de humedad de agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO				
Tesistas	Ferdinan M. Saavedra Argandoña Fernando CCorimanya Sota			
Lugar	Laboratorio de Ing. Civil de la UAC			
Cantera	Chancadora - Cunyac	Fecha		
Norma	NTP 339-127			
DATOS DE LA MUESTRA				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA (g)	46.00	46.00	29.00	
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO (g)	438.00	404.00	327.00	
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)	434.50	400.90	324.50	
PESO DEL AGUA (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE AGUA (%)				

### 3.5.2.5 Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso (NTP 400-019)

#### 3.5.2.5.1 Equipos y materiales

- Máquina de Los Ángeles.
- Doce esferas de acero de  $1\frac{27}{32}$ " (46.8 mm.)
- Balanza de precisión  $\pm 0.10\text{g}$ .
- Recipientes.
- Horno con temperatura uniforme  $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Guantes para horno.

### 3.5.2.5.2 Procedimientos de la toma de muestra

- Selección del material mediante el cuarteo (muestras opuestas), limpio de finos y una cantidad de 5000 gr que pasa en la malla 1 1/2", y retenida 5000 gr en el tamiz 1". Luego se colocó 12 esferas, la maquina tendrá una velocidad de 30 – 33 rpm
- Programar la máquina para 500 rev.
- Poner la muestra a la máquina de Los Ángeles durante 15 minutos
- Luego tamizar la muestra por la malla N° 12, la muestra retenida será lavada y la pasante será eliminada.
- Esta muestra será lavado y luego llevada al horno con temperatura uniforme 110 ± 5 °C.
- Seguidamente sacar la muestra del horno y pesar a que enfríe a una temperatura medio ambiente luego ser pesada

### 3.5.2.5.3 Datos obtenidos

Tabla 35: Datos de resistencia al desgaste del agregado grueso

RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO					
Lugar					
Cantera			Fecha		
Norma	NTP 400-019				
DATOS DE LA MUESTRA					
MATERIAL GRUESO - PIEDRA CHANCADA	ESPECIFICACIONES			TAMAÑO MÁXIMO	
	PESOS	GRADUACION	Nº ESFERAS	PASA	RETENIDO
Pi =Peso inicial de la muestra (g)	5000.00	A	12	1 1/2"	1"
Pf= peso final - muestra después de pasada en malla N° 12 (g)	4025.64	B	11	3/4"	1/2"
Graduación	A	C	8	3/8"	1/4"
CALCULO: % DE ABRASIÓN		D	6	Nº 4	Nº 8
%ABRASIÓN=(Pi-Pf)/Pi*100			VELOCIDAD		500 rev.
					30 rev./min

### 3.5.3 Procedimiento de elaboración de concreto Patrón, 10% de PPE, 20% de PPE y 30% de PPE. (ACI-211)

#### 3.5.3.1 Equipos y materiales

- Cemento Portland IP I Yura.
- Agregado grueso Chancadora.
- Agregado fino:50% Cunyac, 50% Chancadora.
- Perlas de poliestireno expandido (PPE).
- Agua.

- Mezcladora de concreto de 3 pies<sup>3</sup>.
- Cono de Abrahams.
- Briquetas de 15 x 30 cm.
- Varilla de 5/8".
- Palas.
- Cucharón.
- Batidor de albañilería.
- Bandejas metálicas.
- Balanza  $\pm 0.10g$ .
- Baldes de 5ln.

### 3.5.3.2 Procedimiento de elaboración de concreto.

- Se procede a pesar los materiales de acuerdo a la dosificación del diseño de mezcla obtenida en recipientes separados.



Figura 51: Pesado de agregados



Figura 52: Peso de PPE.

- Se mide la cantidad de agua requerida de acuerdo al diseño de mezcla.
- Una vez pesada los materiales antes de iniciar la rotación del tambor de la mezcladora se añade el agregado grueso y luego se vierte una porción del agua.



Figura 53: Perlas de poliestireno expandido



Figura 54: Preparación de mezcla

- Se enciende la mezcladora y se añade el agregado fino, el cemento, las perlas de poliestireno expandido y al final el resto de agua.

- Una vez que todos los componentes estén en la mezcladora se contabiliza con el cronómetro el tiempo de batido durante 3 minutos.



Figura 55: Mezcla de concreto

- Se vierte el concreto en la bandeja metálica previamente humedecida y se procede a realizar la prueba de revenimiento; si el resultado es de 3" de acuerdo al diseño entonces se procede a llenar los cilindros.



Figura 56: Prueba de slum



Figura 57: Medida asentamiento del concreto

- Una vez realizada la limpieza de las briquetas se aplica una ligera capa con petróleo y se procede el moldeado de la probeta en tres capas de 10 cm. de altura cada una de ellas, según el siguiente detalle:



Figura 58: Limpieza de briquetas

- **Primera capa**

- Se coloca la mezcla en el molde y se remueve con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.
- Se compacta la primera capa en todo su espesor mediante 25 inserciones (chuzeadas) con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.
- Una vez culminada la compactación de esta capa, se golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.
- De la misma manera se realizan las dos capas restantes



Figura 59: Preparación de testigos

- En la última capa se nivela el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se procede a dar un buen acabado liso usando el badilejo para obtener una superficie plana y lisa.



Figura 60: fraguado de concreto

- Una vez culminado el proceso se transportan las briquetas al lugar de almacenamiento.
- Al día siguiente se desmoldan y se etiqueta para proceder el curado por inmersión en los pozos de agua durante los tiempos requeridos de 7, 21 y 28 días.



Figura 61: Desencofrado y etiquetado de briquetas

### 3.5.4 Procedimiento del peso volumétrico del concreto

#### 3.5.4.1 Materiales y equipo

- Testigos de concreto
- Flexómetro.
- Vernier
- Balanza de precisión  $\pm 0.10g$

#### 3.5.4.2 Procedimiento del ensayo de peso volumétrico

- De acuerdo al tiempo de curado se retiran los testigos con un día de anticipación a su rotura de los pozos de agua para su secado respectivo.



Figura 62: Pesado de testigos

- Se obtiene las medidas de los diámetros y alturas.



Figura 63: Medición de diámetro



Figura 64: Medición de altura

- Se procede a obtener el peso de los testigos pesando cada testigo en una balanza calibrada.



Figura 65: Pesado de testigos



Figura 66: Pesado de Testigos por dosificación



3.5.4.3 Datos obtenidos

Tabla 36: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	25/05/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.06	15.60	15.70		30.80	30.70	30.50			12.99			
2	7	15.50	15.30	15.50		30.30	30.50	30.20			13.38			
3	7	15.00	15.20	15.00		29.80	29.80	29.70			12.18			
4	7	15.80	15.20	15.70		30.40	30.50	30.50			13.71			
5	7	15.02	15.03	15.00		30.20	30.50	30.50			12.50			

Tabla 37: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituido de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	25/05/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIAMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.30	15.20	15.10		30.20	30.15	30.00			12.04			
2	7	15.30	15.20	15.30		30.50	30.20	30.20			12.41			
3	7	15.35	15.30	15.35		30.50	30.50	30.60			12.49			
4	7	15.30	15.20	15.20		29.80	30.10	30.00			12.23			
5	7	15.20	15.30	15.20		30.30	30.30	30.30			12.01			



Tabla 38: Datos peso volumétrico de concreto al 20% sustituido de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2													
LUGAR		Lab. De Ingeniería Civil de la UAC								FECHA		26/05/2018	
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.02	15.01	15.02		30.08	30.06	30.06			11.34		
2	7	15.07	15.08	15.02		30.07	30.06	30.06			12.70		
3	7	15.60	14.80	15.00		29.80	29.90	29.90			11.49		
4	7	15.30	15.30	15.30		30.10	30.00	30.10			11.76		
5	7	15.35	15.30	15.40		31.00	31.00	31.00			11.97		

Tabla 39: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituido de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2													
LUGAR		Lab. De Ingeniería Civil de la UAC								FECHA		26/05/2018	
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.02	15.025	15.028		30.04	30.065	30.06			11.63		
2	7	15.01	15.03	15.02		30.03	30.035	30.01			11.53		
3	7	15.01	15.01	15.00		30.01	30.02	30.01			11.24		
4	7	15.03	15.01	15.02		30.05	30.06	30.08			11.27		
5	7	15.06	15.05	15.06		30.06	30.07	30.08			11.61		



Tabla 40: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	08/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )	
		D-1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.20	15.30	15.30		30.70	30.40	30.40			12.74			
2	21	15.40	15.30	15.20		30.30	30.40	30.50			12.69			
3	21	15.30	15.40	15.30		30.50	30.40	30.40			12.77			
4	21	15.10	15.10	15.10		30.40	30.30	30.30			12.37			
5	21	15.10	15.10	15.10		30.00	30.00	30.10			12.62			

Tabla 41: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituidos de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	08/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )	
		D-1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.60	15.60	15.50		30.30	30.30	30.30			12.80			
2	21	15.10	15.00	15.10		30.30	30.30	30.20			12.07			
3	21	15.10	14.90	15.20		30.00	30.00	30.00			11.84			
4	21	15.10	14.90	15.10		30.30	30.10	30.00			11.95			
5	21	15.40	15.30	15.40		30.45	30.40	30.40			12.40			



Tabla 42: Datos peso volumétrico de concreto al 20% sustituidos de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	09/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.80	15.90	15.70		30.60	30.70	30.10			13.06			
2	21	15.20	15.10	15.10		30.40	30.50	30.40			12.24			
3	21	15.10	15.20	15.20		30.30	30.20	30.20			11.77			
4	21	15.20	14.90	15.10		30.40	30.40	30.40			11.88			
5	21	16.00	16.20	16.00		30.10	30.50	30.30			13.38			

Tabla 43: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituidos de PPE a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	09/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.20	15.20	15.30		30.50	30.50	30.50			11.48			
2	21	15.10	15.20	15.00		30.30	30.20	30.30			11.50			
3	21	15.20	15.20	14.90		30.10	30.20	30.10			10.91			
4	21	15.40	15.20	15.30		30.60	30.70	30.60			11.18			
5	21	15.10	15.00	15.20		30.00	30.00	30.00			11.32			



Tabla 44: Datos peso volumétrico de concreto patrón a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm2													
LUGAR		Lab. De Ingeniería Civil de la UAC								FECHA		15/06/2018	
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	15.00	15.10	14.80		29.90	29.90	29.80			12.32		
2	28	14.90	15.00	15.20		30.00	30.00	30.00			12.39		
3	28	15.00	14.95	15.00		30.00	30.00	30.00			11.96		
4	28	15.40	15.40	15.40		30.70	30.60	30.50			12.93		
5	28	15.10	15.00	15.20		29.80	29.80	29.90			12.33		

Tabla 45: Datos peso volumétrico de concreto al 10% sustituidos de PPE a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2													
LUGAR		Lab. De Ingeniería Civil de la UAC								FECHA		15/06/2018	
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	15.00	15.10	15.00		30.00	29.80	29.90			11.93		
2	28	15.20	15.00	15.30		30.80	30.50	30.80			12.52		
3	28	15.40	14.90	15.40		29.80	29.90	29.80			12.08		
4	28	15.30	15.50	15.50		30.70	30.70	30.80			12.89		
5	28	15.40	15.20	15.30		30.50	30.60	30.50			12.41		
6	28	14.90	15.20	15.10		30.20	30.10	30.20			11.99		
7	28	15.20	15.30	15.25		30.30	30.50	30.30			12.45		



Tabla 46: Datos peso volumétrico de concreto al 20% de sustituidos PPE a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	16/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	28	15.30	15.40	15.30		30.50	30.50	30.50			11.82			
2	28	14.90	15.10	14.90		31.00	31.00	30.90			12.18			
3	28	14.80	15.00	15.10		30.10	30.20	30.10			11.42			
4	28	15.00	15.00	15.10		30.00	30.00	29.90			11.33			
5	28	15.20	16.30	16.30		30.00	30.00	29.80			13.33			
6	28	15.10	15.00	15.00		30.00	30.00	29.90			11.63			

Tabla 47: Datos peso volumétrico de concreto al 30% sustituidos de PPE a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO														
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2														
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC									FECHA	16/06/2018			
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	28	14.90	15.00	15.10		30.30	30.10	30.20			10.84			
2	28	15.40	15.30	15.20		30.40	30.50	30.50			11.77			
3	28	15.30	15.10	15.30		30.40	30.40	30.30			11.57			
4	28	15.40	15.20	15.40		30.40	30.20	30.40			11.67			
5	28	15.50	15.30	15.50		30.30	30.20	30.30			12.18			
6	28	15.40	15.30	15.30		30.80	30.70	30.80			11.83			

### 3.5.5 Procedimiento de ensayo de resistencia a la compresión Axial (ASTM-469, NTP 339-034)

#### 3.5.5.1 Materiales y equipos

- Equipo de compresión axial.
- Testigos de concreto.
- Cabezales de acero.
- Cabezales de neopreno.
- Flexómetro.
- Vernier.
- Balanza de Precisión  $\pm 0.10g$ .

#### 3.5.5.2 Procedimiento de ensayo resistencia a compresión axial.

- De acuerdo al tiempo de curado se retiran los testigos con un día de anticipación para su rotura de los pozos de agua para que se sequen.



Figura 67: Secado de testigos

- Se obtiene las medidas de los diámetros y alturas como también el peso de los testigos.



Figura 68: Máquina de rotura



Figura 69: Lectura de resistencia

- Con la ayuda del técnico laboratorista una vez programada la máquina para la rotura, se introduce el testigo colocados con los cabezales de neopreno en la parte superior e inferior del testigo a la máquina de compresión.



- Se procede a realizar el ensayo de rotura hasta llegar a la máxima carga donde el testigo falla presentando fisuramiento.





## 3.5.5.2.1 Datos obtenidos

Tabla 48: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	25/05/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	7	15.06	15.60	15.70		30.80	30.70	30.50			35700		210		
2	7	15.50	15.30	15.50		30.30	30.50	30.20			29690		210		
3	7	15.00	15.20	15.00		29.80	29.80	29.70			27620		210		
4	7	15.80	15.20	15.70		30.40	30.50	30.50			20320		210		
5	7	15.02	15.03	15.00		30.20	30.50	30.50			26120		210		

Tabla 49: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	25/05/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	7	15.30	15.20	15.10		30.20	30.15	30.00			27870		210		
2	7	15.30	15.20	15.30		30.50	30.20	30.20			28990		210		
3	7	15.35	15.30	15.35		30.50	30.50	30.60			31240		210		
4	7	15.30	15.20	15.20		29.80	30.10	30.00			31010		210		
5	7	15.20	15.30	15.20		30.30	30.30	30.30			29740		210		



Tabla 50: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 20% PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	26/05/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	7	15.02	15.01	15.02		30.08	30.06	30.06			23960		210		
2	7	15.07	15.08	15.02		30.07	30.06	30.06			15310		210		
3	7	15.60	14.80	15.00		29.80	29.90	29.90			26770		210		
4	7	15.30	15.30	15.30		30.10	30.00	30.10			27852		210		
5	7	15.35	15.30	15.40		31.00	31.00	31.00			28600		210		

Tabla 51: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	26/05/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	7	15.02	15.025	15.028		30.04	30.065	30.06			22670		210		
2	7	15.01	15.03	15.02		30.03	30.035	30.01			22560		210		
3	7	15.01	15.01	15.00		30.01	30.02	30.01			20560		210		
4	7	15.03	15.01	15.02		30.05	30.06	30.08			22780		210		
5	7	15.06	15.05	15.06		30.06	30.07	30.08			23470		210		



Tabla 52: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm2															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	08/06/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				AREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	21	15.20	15.30	15.30		30.70	30.40	30.40			32670		210		
2	21	15.40	15.30	15.20		30.30	30.40	30.50			38610		210		
3	21	15.30	15.40	15.30		30.50	30.40	30.40			38300		210		
4	21	15.10	15.10	15.10		30.40	30.30	30.30			34490		210		
5	21	15.10	15.10	15.10		30.00	30.00	30.10			27500		210		

Tabla 53: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	08/06/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	21	15.60	15.60	15.50		30.30	30.30	30.30			39190		210		
2	21	15.10	15.00	15.10		30.30	30.30	30.20			39040		210		
3	21	15.10	14.90	15.20		30.00	30.00	30.00			38371		210		
4	21	15.10	14.90	15.10		30.30	30.10	30.00			40120		210		
5	21	15.40	15.30	15.40		30.45	30.40	30.40			40210		210		



Tabla 54: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 20% PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	09/06/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	21	15.80	15.90	15.70		30.60	30.70	30.10			25330		210		
2	21	15.20	15.10	15.10		30.40	30.50	30.40			37220		210		
3	21	15.10	15.20	15.20		30.30	30.20	30.20			34770		210		
4	21	15.20	14.90	15.10		30.40	30.40	30.40			33690		210		
5	21	16.00	16.20	16.00		30.10	30.50	30.30			26220		210		

Tabla 55: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero									FECHA	09/06/2018				
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	21	15.20	15.20	15.30		30.50	30.50	30.50			29270		210		
2	21	15.10	15.20	15.00		30.30	30.20	30.30			14970		210		
3	21	15.20	15.20	14.90		30.10	30.20	30.10			26720		210		
4	21	15.40	15.20	15.30		30.60	30.70	30.60			24480		210		
5	21	15.10	15.00	15.20		30.00	30.00	30.00			27520		210		



Tabla 56: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora - Chinchero								FECHA	15/06/2018					
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	28	15.00	15.10	14.80		29.90	29.90	29.80			37966		210		
2	28	14.90	15.00	15.20		30.00	30.00	30.00			40410		210		
3	28	15.00	14.95	15.00		30.00	30.00	30.00			38490		210		
4	28	15.40	15.40	15.40		30.70	30.60	30.50			38110		210		
5	28	15.10	15.00	15.20		29.80	29.80	29.90			36950		210		

Tabla 57: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 10% PPE a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC														
CANTERA	Chancadora – Chinchero								FECHA	15/06/2018					
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIAMETRO				ALTURA				AREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	28	15.00	15.10	15.00		30.00	29.80	29.90			38470		210		
2	28	15.20	15.00	15.30		30.80	30.50	30.80			39960		210		
3	28	15.40	14.90	15.40		29.80	29.90	29.80			42660		210		
4	28	15.30	15.50	15.50		30.70	30.70	30.80			40240		210		
5	28	15.40	15.20	15.30		30.50	30.60	30.50			38290		210		
6	28	14.90	15.20	15.10		30.20	30.10	30.20			39700		210		
7	28	15.20	15.30	15.25		30.30	30.50	30.30			38280		210		



Tabla 58: Datos obtenidos de ensayo de compresión de concreto al 20% PPE a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC										FECHA	16/06/2018			
CANTERA	Chancadora – Chinchero														
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	28	15.30	15.40	15.30		30.50	30.50	30.50			34600		210		
2	28	14.90	15.10	14.90		31.00	31.00	30.90			39060		210		
3	28	14.80	15.00	15.10		30.10	30.20	30.10			37660		210		
4	28	15.00	15.00	15.10		30.00	30.00	29.90			31450		210		
5	28	15.20	16.30	16.30		30.00	30.00	29.80			30620		210		
6	28	15.10	15.00	15.00		30.00	30.00	29.90			35510		210		

Tabla 59: Datos obtenidos de ensayo de compresión axial de concreto al 30% PPE I a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN															
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>															
LUGAR	Lab. De Ingeniería Civil de la UAC										FECHA	16/06/2018			
CANTERA	Chancadora – Chinchero														
NORMA	ASTM -C-39														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)						
1	28	14.90	15.00	15.10		30.30	30.10	30.20			29530		210		
2	28	15.40	15.30	15.20		30.40	30.50	30.50			28400		210		
3	28	15.30	15.10	15.30		30.40	30.40	30.30			29380		210		
4	28	15.40	15.20	15.40		30.40	30.20	30.40			23380		210		
5	28	15.50	15.30	15.50		30.30	30.20	30.30			36400		210		
6	28	15.40	15.30	15.30		30.80	30.70	30.80			32360		210		

### 3.5.6 Procedimiento de ensayo de módulo de elasticidad (ASTM C-469)

Para el desarrollo de este ensayo previamente se referenció en el valor de las briquetas en rotura a compresión axial del cual se tomó el 70% del valor de la carga última de la rotura para cada dosificación del concreto

#### 3.5.6.1 Materiales y equipos

- Compresómetro.
- Equipo de compresión axial.
- Anillos de soporte.
- Testigos de concreto
- Nivel mano.
- Flexómetro.
- Compás.
- Escuadras.
- Brocha
- Regla metálica.
- Lapiz

#### 3.5.6.2 Procedimiento de ensayo de Módulo de Elasticidad

- Se toman las medidas de los diámetros y alturas de los testigos de concreto. Para luego ubicar el punto medio de la briquea de ahí trazar dos líneas perpendiculares para ubicar el pivote y el compresómetro.



Figura 74: Ubicación del punto medio



Figura 75: Ubicación del equidistante

- Se coloca el anillo con compresómetro al testigo de concreto, ubicando el compresómetro en la parte central del testigo de tal manera que las distancias del compresómetro a los extremos del testigo queden en distancias equidistantes, luego se nivela el anillo.



Figura 76: colocación de anillo



Figura 77: nivelación de anillo

- Se toman las distancias del centro del testigo al eje del compresómetro y al eje del vástago pivotado, con la ayuda de un nivel de mano se nivela el anillo.



Figura 78: Distancias extremas del testigo



Figura 79: Distancia del punto medio

- Se traslada a la máquina de compresión y se retira los seguros del compresómetro.



Figura 80: Obtención de deformación



Figura 81: lectura de compresómetro

- Luego se aplica la carga hasta que llegue al 70% de la carga última de cada dosificación y tiempo de curado de cada testigo.

- Luego se hace una filmación instantánea con dos cámaras tanto en el compresómetro y la pantalla de compresión, cantando la carga cada 10kg/cm<sup>2</sup> que aparece en la pantalla.
- Luego se suspende la carga cuando se llega al 70% de la carga promedio calculado.
- Los testigos que han pasado la prueba se trasladan al lugar del desmonte asignado en el laboratorio.



Figura 82: Muestras de rotura

3.5.6.3 Datos obtenidos

Tabla 60: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 01 a los 7 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO PATRON  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.67
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.45
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )	
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	

Conversion para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.124	
er=	0.125	
r=	0.235	

Barra Pivote =

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
		0	0		
		10	5		
		20	12		
		30	20.3		
		40	25		
		50	33		
		60	39		
		70	48		
		80	59		
		90	68		
0.00		100	74		

Interpolacion de la deformación unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces

$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$S_1$
--	--	-------

Entonces

$S_1$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$S_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E = 0.00E+00 \text{ Kg/cm}^2$

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

ESFUERZO & DEFORMACION

Tabla 61: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 02 a los 7 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.33
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.43
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformímetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.13	
er=	0.125	
r=	0.235	

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	3			
	20	8			
	30	13			
	40	18			
	50	24			
	60	37			
	70	48			
	80	53			
	90	61			
	100	62			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$s_1$
--	--	-------

Entonces  $s_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm2
$s_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E= 0.00E+00 Kg/cm2**

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 62: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 04 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																			
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																																			
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	29.97																																																																																
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																																																																																
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)																																																																																	
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%																																																																																	
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%																																																																																	
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.13		er=	0.13		r=	0.235																																																																			
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																																	
eg=	0.13																																																																																		
er=	0.13																																																																																		
r=	0.235																																																																																		
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia última</p> <p>Interpolando <math>\epsilon_2 \rightarrow S_2</math> 0.00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> </tr> </table>							$\epsilon_2$	entonces	$\epsilon_2 =$																																																																										
	$\epsilon_2$																																																																																		
entonces	$\epsilon_2 =$																																																																																		
<p>interpolación de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <p><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> </tr> </table>							$S_1$	Entonces	$S_1 =$																																																																										
	$S_1$																																																																																		
Entonces	$S_1 =$																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$		Kg/cm2	$S_2$		Kg/cm2	$\epsilon_1$	-		$\epsilon_2$	-																																																																
DATOS	VALORES	UND.																																																																																	
$S_1$		Kg/cm2																																																																																	
$S_2$		Kg/cm2																																																																																	
$\epsilon_1$	-																																																																																		
$\epsilon_2$	-																																																																																		
<p>Entonces</p> <p><math>E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}</math></p> <p><math>E = 0.00E+00</math> Kg/cm2</p>																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>12.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>18</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>40</td><td>26.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>50</td><td>33.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>39</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>70</td><td>49</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>80</td><td>54</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>65</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>100</td><td>72</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>116</td><td>88.3</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )		0	0					10	5					20	12.5					30	18					40	26.5					50	33.5					60	39					70	49					80	54					90	65					100	72					116	88.3			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																														
	0	0																																																																																	
	10	5																																																																																	
	20	12.5																																																																																	
	30	18																																																																																	
	40	26.5																																																																																	
	50	33.5																																																																																	
	60	39																																																																																	
	70	49																																																																																	
	80	54																																																																																	
	90	65																																																																																	
	100	72																																																																																	
	116	88.3																																																																																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																			

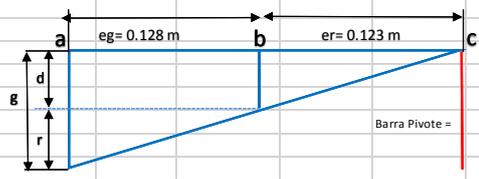
Tabla 63: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 05 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																									
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																									
BRIQUETA N°	5	ALTURA (cm)	30.3																						
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																						
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)																							
PORCENTAJE	10 % DE PPE	RESISTENCIA 100%																							
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%																							
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td colspan="3">eg= 0.13</td> </tr> <tr> <td colspan="3">er= 0.13</td> </tr> <tr> <td colspan="3">r= 0.235</td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg= 0.13			er= 0.13			r= 0.235										
1linea	0.0001"	0.00000254																							
eg= 0.13																									
er= 0.13																									
r= 0.235																									
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">entonces</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 =</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	0.00				$\epsilon_2$		entonces						$\epsilon_2 =$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	0.00																					
			$\epsilon_2$																						
entonces																									
	$\epsilon_2 =$																								
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																				
	0	0																							
	10	3																							
	20	9																							
	30	15.3																							
	40	23.5																							
	50	31																							
	60	39.5																							
	70	47.5																							
	80	58.5																							
	90	64																							
	100	69																							
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Entonces</td> </tr> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>#jDIV/O!</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050		$S_1$	Entonces		$S_1$	#jDIV/O!												
$\epsilon_1 =$	0.000050																								
	$S_1$																								
Entonces																									
$S_1$	#jDIV/O!																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$		Kg/cm2	$S_2$		Kg/cm2	$\epsilon_1$		-	$\epsilon_2$		-					
DATOS	VALORES	UND.																							
$S_1$		Kg/cm2																							
$S_2$		Kg/cm2																							
$\epsilon_1$		-																							
$\epsilon_2$		-																							
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>0.00E+00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	0.00E+00	Kg/cm2																	
<b>E=</b>	0.00E+00	Kg/cm2																							
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																									

Tabla 64: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los 7 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.07
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.30
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	



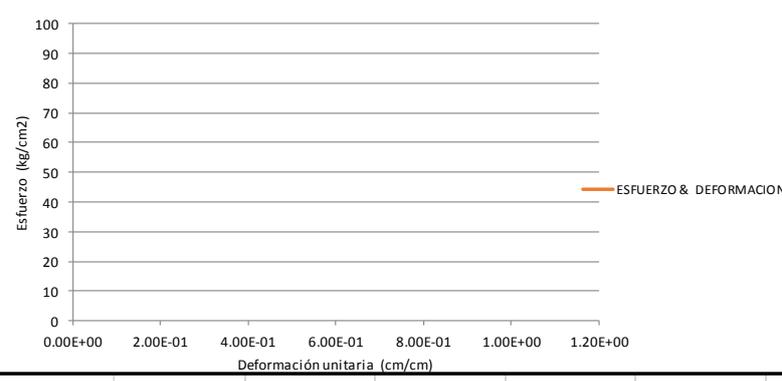
d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.128	
er=	0.123	
r=	0.235	

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
		0	0		
		10	5		
		20	10		
		30	19		
		40	24.5		
		50	34		
		60	40		
		70	49		
		80	59.5		
		90	67		
		100	74.5		

ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA



Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

		$\epsilon_2$
entonces		$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$s_1$
Entonces		$s_1$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm2
$s_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

**E= 0.00E+00 Kg/cm2**

Tabla 65: Datos de Módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 05 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																													
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																													
BRIQUETA N°	5	ALTURA (cm)	31.00																																																																										
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.35																																																																										
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)																																																																											
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%																																																																											
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%																																																																											
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.126</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.126		er=	0.125		r=	0.235																																																													
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																											
eg=	0.126																																																																												
er=	0.125																																																																												
r=	0.235																																																																												
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <p>Interpolando <math>\epsilon_2 \rightarrow s_2</math> 0.00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> </tr> </table>								$\epsilon_2$	entonces		$\epsilon_2 =$																																																																		
		$\epsilon_2$																																																																											
entonces		$\epsilon_2 =$																																																																											
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <p><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> </table>								$s_1$	Entonces		$s_1$																																																																		
		$s_1$																																																																											
Entonces		$s_1$																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$		Kg/cm2	$s_2$		Kg/cm2	$\epsilon_1$	-	-	$\epsilon_2$	-	-																																																									
DATOS	VALORES	UND.																																																																											
$s_1$		Kg/cm2																																																																											
$s_2$		Kg/cm2																																																																											
$\epsilon_1$	-	-																																																																											
$\epsilon_2$	-	-																																																																											
<p><math>E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}</math></p> <p><b>E= 0.00E+00 Kg/cm2</b></p>																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>9.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>17</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>40</td><td>25</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>50</td><td>34</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>43</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>70</td><td>53</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>80</td><td>59</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>67</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>100</td><td>74</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )		0	0					10	5					20	9.5					30	17					40	25					50	34					60	43					70	53					80	59					90	67					100	74			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																								
	0	0																																																																											
	10	5																																																																											
	20	9.5																																																																											
	30	17																																																																											
	40	25																																																																											
	50	34																																																																											
	60	43																																																																											
	70	53																																																																											
	80	59																																																																											
	90	67																																																																											
	100	74																																																																											
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																													

Tabla 66: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 02 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																									
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>																																																																																									
BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.03																																																																																						
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.02																																																																																						
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )																																																																																							
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%																																																																																							
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%																																																																																							
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg =</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er =</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r =</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg =	13		er =	13		r =	0.235																																																																									
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																							
eg =	13																																																																																								
er =	13																																																																																								
r =	0.235																																																																																								
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <p>Interpolando <math>\epsilon_2 \rightarrow s_2</math> 0.00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td colspan="3">entonces</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td></td> </tr> </table>								$\epsilon_2$	entonces				$\epsilon_2 =$																																																																												
		$\epsilon_2$																																																																																							
entonces																																																																																									
	$\epsilon_2 =$																																																																																								
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <p><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Entonces</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>s_1</math></td> <td></td> </tr> </table>								$s_1$	Entonces				$s_1$																																																																												
		$s_1$																																																																																							
Entonces																																																																																									
	$s_1$																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$		Kg/cm <sup>2</sup>	$s_2$		Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_1$	-		$\epsilon_2$	-																																																																						
DATOS	VALORES	UND.																																																																																							
$s_1$		Kg/cm <sup>2</sup>																																																																																							
$s_2$		Kg/cm <sup>2</sup>																																																																																							
$\epsilon_1$	-																																																																																								
$\epsilon_2$	-																																																																																								
<p><math>E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E =</b></td> <td>0.00E+00</td> <td>Kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </table>						<b>E =</b>	0.00E+00	Kg/cm <sup>2</sup>																																																																																	
<b>E =</b>	0.00E+00	Kg/cm <sup>2</sup>																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm<sup>2</sup></th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>14</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>21</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>40</td><td>28</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>50</td><td>38</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>45</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>70</td><td>58</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>80</td><td>70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>79.5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>91.6</td><td>86</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>100</td><td>95</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>127.68</td><td>115</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )		0	0					10	5					20	14					30	21					40	28					50	38					60	45					70	58					80	70					90	79.5					91.6	86					100	95					127.68	115			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																																				
	0	0																																																																																							
	10	5																																																																																							
	20	14																																																																																							
	30	21																																																																																							
	40	28																																																																																							
	50	38																																																																																							
	60	45																																																																																							
	70	58																																																																																							
	80	70																																																																																							
	90	79.5																																																																																							
	91.6	86																																																																																							
	100	95																																																																																							
	127.68	115																																																																																							
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																									

Tabla 67: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 03 a los 7 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.01
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.01
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	

CONVERSIÓN PARA LA LECTURA DEL DEFORMIMETRO

1 línea	0.0001"	0.00000254
---------	---------	------------

eg =	0.125
er =	0.13
r =	0.233

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	5			
	20	13			
	30	20			
	40	29			
	50	39			
	60	44			
	70	58			
	80	71			
	90	80			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$s_1$
--	-------

Entonces  $s_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm2
$s_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

**E =**  0.00E+00 Kg/cm2

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 68: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 21 días

MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																															
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																																															
BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	29.97																																																																																												
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																																																																																												
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)																																																																																													
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%																																																																																													
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%																																																																																													
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.124</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.129</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.124		er=	0.129		r=	0.234																																																																															
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																													
eg=	0.124																																																																																														
er=	0.129																																																																																														
r=	0.234																																																																																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>d = des. debido a la defor. del espacio.                      r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.                      a = localizacion del deformimetro.                      b = punto de soporte del anillo rotatorio.                      c = localizacion de la barra pivote.                      g = lectura del deformimetro..</p> </div>																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> <tr><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>40</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>60</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>80</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>100</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>110</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>120</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>140</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )			0						10						20						30						40						50						60						70						80						90						100						110						120						140			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																																										
		0																																																																																													
		10																																																																																													
		20																																																																																													
		30																																																																																													
		40																																																																																													
		50																																																																																													
		60																																																																																													
		70																																																																																													
		80																																																																																													
		90																																																																																													
		100																																																																																													
		110																																																																																													
		120																																																																																													
		140																																																																																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <p>Interpolando <math>\epsilon_2 \rightarrow s_2</math> 0.00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2 = \#DIV/0!</math></td> </tr> </table>								$\epsilon_2$	entonces		$\epsilon_2 = \#DIV/0!$																																																																																				
		$\epsilon_2$																																																																																													
entonces		$\epsilon_2 = \#DIV/0!$																																																																																													
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <p><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td></td> <td><math>s_1 = \#DIV/0!</math></td> </tr> </table>								$s_1$	Entonces		$s_1 = \#DIV/0!$																																																																																				
		$s_1$																																																																																													
Entonces		$s_1 = \#DIV/0!$																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>-</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$		Kg/cm2	$s_2$		Kg/cm2	$\epsilon_1$	-		$\epsilon_2$	-																																																																												
DATOS	VALORES	UND.																																																																																													
$s_1$		Kg/cm2																																																																																													
$s_2$		Kg/cm2																																																																																													
$\epsilon_1$	-																																																																																														
$\epsilon_2$	-																																																																																														
<p><math>E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>0.00E+00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	0.00E+00	Kg/cm2																																																																																							
<b>E=</b>	0.00E+00	Kg/cm2																																																																																													
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																															

Tabla 69: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																																					
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																																																					
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.33																																																																																																		
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.10																																																																																																		
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)																																																																																																			
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%																																																																																																			
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%																																																																																																			
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td colspan="3">eg = 0.132</td> </tr> <tr> <td colspan="3">er = 0.125</td> </tr> <tr> <td colspan="3">r = 0.235</td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg = 0.132			er = 0.125			r = 0.235																																																																																						
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																																			
eg = 0.132																																																																																																					
er = 0.125																																																																																																					
r = 0.235																																																																																																					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>d = des. debido a la defor. del espacio.  r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  a = localizacion del deformimetro.  b = punto de soporte del anillo rotatorio.  c = localizacion de la barra pivote.  g = lectura del deformimetro..</p> </div>																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Carga kg</th> <th style="width: 15%;">Esfuerzo kg/cm2</th> <th style="width: 15%;">Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th style="width: 15%;">Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th style="width: 15%;">Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th style="width: 15%;">Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> <tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>13</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>40</td><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>50</td><td>25</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>32</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>70</td><td>44</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>80</td><td>56</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>60</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>100</td><td>66</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>110</td><td>71</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>120</td><td>75</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>130</td><td>80</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>140</td><td>98</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )		0	0					10	2					20	9					30	13					40	20					50	25					60	32					70	44					80	56					90	60					100	66					110	71					120	75					130	80					140	98			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																																																
	0	0																																																																																																			
	10	2																																																																																																			
	20	9																																																																																																			
	30	13																																																																																																			
	40	20																																																																																																			
	50	25																																																																																																			
	60	32																																																																																																			
	70	44																																																																																																			
	80	56																																																																																																			
	90	60																																																																																																			
	100	66																																																																																																			
	110	71																																																																																																			
	120	75																																																																																																			
	130	80																																																																																																			
	140	98																																																																																																			
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <p>Interpolando <math>\epsilon_2 \rightarrow s_2</math> 0.00</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td colspan="6">entonces</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> </tr> </table>																	$\epsilon_2$	entonces											$\epsilon_2 =$																																																																								
					$\epsilon_2$																																																																																																
entonces																																																																																																					
					$\epsilon_2 =$																																																																																																
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <p><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Entonces</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><math>s_1</math> #DIV/0!</td> </tr> </table>																	$s_1$	Entonces											$s_1$ #DIV/0!																																																																								
					$s_1$																																																																																																
Entonces																																																																																																					
					$s_1$ #DIV/0!																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">DATOS</th> <th style="width: 15%;">VALORES</th> <th style="width: 15%;">UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td></td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$		Kg/cm2	$s_2$		Kg/cm2	$\epsilon_1$		-	$\epsilon_2$		-																																																																																	
DATOS	VALORES	UND.																																																																																																			
$s_1$		Kg/cm2																																																																																																			
$s_2$		Kg/cm2																																																																																																			
$\epsilon_1$		-																																																																																																			
$\epsilon_2$		-																																																																																																			
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E =</b></td> <td>0.00E+00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E =</b>	0.00E+00	Kg/cm2																																																																																													
<b>E =</b>	0.00E+00	Kg/cm2																																																																																																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																																					

Tabla 70: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 01 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.3
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.57
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

eg= 0.124 m

er= 0.122 m

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.124
er=	0.122
r=	0.235

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	5			
	20	11			
	30	14			
	40	23.5			
	50	31			
	60	39.5			
	70	47.5			
	80	52			
	90	65			
0.00	100	73			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$s_1$
--	--	-------

Entonces  $s_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm2
$s_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

$E =$   0.00E+00 Kg/cm2

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Esfuerzo (kg/cm2) vs. Deformación unitaria (cm/cm)

Tabla 71: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 03 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.00
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )	
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1 línea	0.0001"	0.00000254
---------	---------	------------

eg=	0.128
er=	0.13
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	3			
	20	9			
	30	15.3			
	40	23.5			
	50	31			
	60	39.5			
	70	47.5			
	80	52			
	90	60.5			
	100	67			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

	$\epsilon_2$
	$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$s_1$
Entonces	$s_1$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$s_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

<b>E=</b>	0.00E+00 Kg/cm <sup>2</sup>
-----------	-----------------------------

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 72: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 02 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.43
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.13
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.125
er=	0.129
r=	0.235

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	6			
	20	10			
	30	16			
	40	24.5			
	50	34			
	60	40			
	70	49			
	80	57			
	90	65			
	100	74.5			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces

$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$S_1$
--	-------

Entonces

$S_1$   

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

$E =$  0.00E+00 Kg/cm2

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 73: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.4
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.126
er=	0.128
r=	0.235

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	4.5			
	20	10			
	30	16			
	40	23			
	50	29			
	60	32			
	70	45			
	80	52			
	90	59			
	100	76			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces

$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$S_1$
--	-------

Entonces

$S_1 =$  #jDIV/0!

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E =$  0.00E+00 Kg/cm2

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 74: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE.N° 01 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.5
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	30 % DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

eg = 0.131 cm

er = 0.125 m

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.131
er=	0.125
r=	0.234

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	4			
	20	10			
	30	15.5			
	40	27			
	50	32			
	60	38			
	70	46			
	80	55			
	90	75			
	100	88			
	110	118			
	120	130			
	130	145			
	140	161			
	140	175			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

entonces  $S_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E =$   0.00E+00 Kg/cm2

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 75: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 05 a los 21 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

BRIQUETA N°	5	ALTURA (cm)	30
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.10
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.129
er=	0.128
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	5			
	20	11.2			
	30	17			
	40	29			
	50	39			
	60	45			
	70	61			
	80	67			
	90	78			
	100	91			
	110	105			
	120	125			
	130	139			
	140	157			

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

Entonces  $S_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$S_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E=**   Kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 76: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.00
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	14.98
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.125
er=	0.124
r=	0.236

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	4			
	20	10			
	30	16			
	40	23			
	50	29			
	60	36			
	70	41			
	80	48			
	90	59			
	100	66			
	110	74			
	120	80			
	140	85			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$S_1$
--	-------

Entonces  $S_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E=**  **Kg/cm2**

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 77: Datos de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.60
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.40
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversion para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.124
er=	0.13
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	7.5	5			
	10	9			
	20	14			
	30	18			
	40	22.5			
	50	28			
	60	36			
	70	48			
	80	55			
	90	60			
	100	63			
	110	71			
	120	78			
	130	89			
	140	94			
	150	104			

ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

$\epsilon_2$

entonces

$\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

$s_1$

Entonces

$s_1$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm2
$s_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

$E = 0.00E+00 \text{ Kg/cm2}$

Tabla 78: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 01 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	29.9
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.03
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	10 % DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversion para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.126
er=	0.125
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	6			
	20	9.8			
	30	16			
	40	23			
	50	29			
	60	36			
	70	41			
	80	52			
	90	57			
	100	66			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces

$\epsilon_2 = \#DIV/0!$

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$S_1$
--	-------

Entonces

$S_1$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

$E = 0.00E+00 \text{ Kg/cm2}$

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 79: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 06 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

BRIQUETA N°	6	ALTURA (cm)	30.17
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )	
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1 línea	0.0001"	0.00000254
---------	---------	------------

eg=	0.127
er=	0.123
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	4			
	20	11			
	30	14			
	40	19			
	50	27			
	60	33			
	70	42			
	80	49			
	90	57			
	100	62			
	110	69			
	120	76			
	130	84			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$s_1$
--	--	-------

Entonces  $s_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$s_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E = 0.00E+00$  Kg/cm<sup>2</sup>

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 80: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 02 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.97
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	14.97
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm <sup>2</sup> )	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversionión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.13
er=	0.128
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	5			
	20	10			
	30	17			
	40	25			
	50	32			
	60	37			
	70	45			
	80	53			
	90	60			
	100	76			
	110	88			
	120	97			
	130	112			
	140	123			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow s_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces  $\epsilon_2 =$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$s_1$
--	--	-------

Entonces  $s_1 =$

DATOS	VALORES	UND.
$s_1$		Kg/cm <sup>2</sup>
$s_2$		Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_1$	-	
$\epsilon_2$	-	

$$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E=** 0.00E+00 Kg/cm<sup>2</sup>

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

Tabla 81: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 03 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.13
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	14.97
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.123
er=	0.125
r=	0.234

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	6			
	20	11			
	30	14			
	40	21			
	50	26			
	60	32			
	70	37			
	80	48			
	90	58			
	100	63			
	110	66			
	120	72			
	130	79			
	140	88			
	150	103			
	160	102			
	170	120			
	180	135			

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

	$\epsilon_2$
--	--------------

entonces

	$\epsilon_2 =$
--	----------------

interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

	$S_1$
--	-------

Entonces

	$S_1$
--	-------

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$

$E =$	0.00E+00 Kg/cm2
-------	-----------------

ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA

Tabla 82: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 01 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
 CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.2
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.00
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.126	
er=	0.13	
r=	0.234	

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
		0	0		
		10	6		
		20	13		
		30	20		
		40	28		
		50	38		
		60	42		
		70	49		
		80	57		
		90	64		
		100	74		
		110	85		
		120	92		
		130	97		

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima		
Interpolando	$\epsilon_2 \rightarrow S_2$	0.00
		$\epsilon_2$
entonces	$\epsilon_2 = \#jDIV/O!$	

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria		
	$\epsilon_1 = 0.000050$	
		$S_1$
Entonces	$S_1$	

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$		-
$\epsilon_2$		-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E= 0.00E+00 Kg/cm2**

Tabla 83: Datos de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 06 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	6	ALTURA (cm)	30.77
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.33
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	

Conversión para la lectura del deformímetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.125
er=	0.13
r=	0.235

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformímetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformímetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
	0	0			
	10	5			
	20	9.5			
	30	14			
	40	20			
	50	27			
	60	35			
	70	42			
	80	48			
	90	53			
	100	62.5			
	110	75			
	120	83			
	130	94			
	140	102			
	150	122			

**Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima**

Interpolando  $\epsilon_2 \rightarrow S_2$  0.00

		$\epsilon_2$
--	--	--------------

entonces

$\epsilon_2 =$

**interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria**

$\epsilon_1 = 0.000050$

		$S_1$
--	--	-------

Entonces

$S_1$  #jDIV/0!

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$		Kg/cm2
$S_2$		Kg/cm2
$\epsilon_1$	-	-
$\epsilon_2$	-	-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

**E= 0.00E+00 Kg/cm2**

**ESFUERZO & DEFORMACIÓN UNITARIA**

### 3.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.6.1 Análisis de granulometría de agregado fino

##### 3.6.1.1 Cuadro de análisis de datos de agregado fino

Tabla 84: Resultados para granulometría agregado fino

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO								
DATOS DE ENSAYO								
Peso Muestra		1500	Módulo de Fineza		2.68			
MALLA		PESO	% RET	% RET	% QUE	ESPECIFICACIONES		
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa			
3/8"	9,525		0.00%	0.00%	100.00	100	100	100
N°4	4,760	118.63	7.91%	7.91%	92.09	95		100
N°8	2,360	109.25	7.28%	15.19%	84.81	80		100
N°16	1,190	88.80	5.92%	21.11%	78.89	50		85
N°30	0,600	445.61	29.71%	50.82%	49.18	25		60
N°50	0,300	483.76	32.25%	83.07%	16.93	10		30
N°100	0,149	99.20	6.61%	89.68%	10.32	2		10
N°200	0,074	59.19	3.95%	93.63%	6.37	0		0
CAZUELA		95.56	6.37%	100.0%	0.000	0		0

##### 3.6.1.2 Cuadro de la curva granulométrica de agregado fino

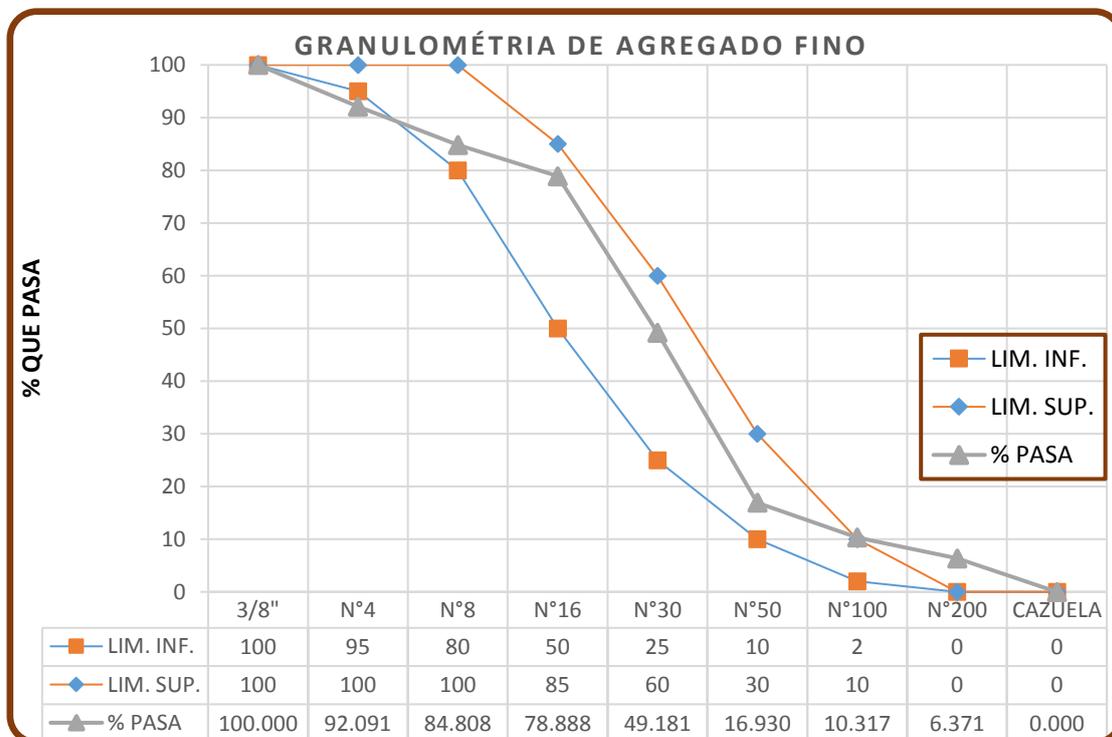


Figura 83: Granulometría de agregado fino

### Análisis de la curva granulométrica del agregado fino

De acuerdo a la figura N°05 mostrado en el presente trabajo de investigación muestra que el agregado fino utilizado en las pruebas de laboratorio cumple con las características y exigencias por la NTP y observando que la curva que describe la mayor parte está dentro del límite inferior y límite superior de la curva granulométrica del agregado fino.

Su módulo de fineza del agregado fino es de  $MF = 2.68$  que significa que es una arena media y este valor está dentro de los parámetros exigidos por la norma que esta dado entre 2.3 a 3.1.

#### 3.6.1.3 Análisis del peso unitario del agregado fino

Tabla 85: Resultados para peso unitario del agregado fino

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACIÓN N°	SUELTO			VARILLADO		
	1	2	3	4	5	6
Peso del molde más agregado seco ( g )	6645.20	6650.20	6640.33	6892.30	6875.30	6885.50
Peso del molde ( g )	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40	2254.40
Peso del agregado seco ( g )	4390.80	4395.80	4385.93	4637.90	4620.90	4631.10
Volumen del molde ( cc )	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35
Peso específico Bulk del agregado ( gr/cc )	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Vacios en el agregado ( % )	39.69	39.62	39.76	36.30	36.53	36.39
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )	1567.39	1569.17	1565.65	1655.60	1649.53	1653.17
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )	1567.40			1652.80		
Observaciones:						

#### Análisis:

El peso unitario suelto del agregado fino es de 1567.4 kg/m<sup>3</sup> como muestra el cuadro N° 72, este valor está dentro de los parámetros asignados para peso unitario de agregados normales entre 1400-1600 kg/m<sup>3</sup> según E. Pasquel. por lo que se puede afirmar que el peso unitario suelto para esta investigación cumple.

En cuanto a peso unitario compactado del agregado fino es de 1652.8 kg/m<sup>3</sup> como muestra el cuadro N° 72, según E. Pasquel, indica los parámetros para peso unitario compactado para agregados normales esta entre 1500-1700 kg/m<sup>3</sup>. Por lo que se puede afirmar que el peso unitario compactado del

agregado usado para esta investigación está dentro de los parámetros señalados por lo que se puede afirmar que cumple.

### 3.6.1.4 Análisis de la gravedad específica y absorción del agregado fino

Tabla 86: Resultados para gravedad específica y absorción de agregado fino

Gravedad específica y absorción de agregado fino				
Datos de la muestra				
Item	Descripción	Valores		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (g)	500.00		
B	Peso Frasco + agua	1278.97		
C	Peso Frasco + agua + A (g)	1778.97		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	1580.47		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)	198.50		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	487.54		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (g)	186.04		<b>PROMEDIO</b>
H	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.46		
I	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.52		
J	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.62		
K	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.6%		
OBSERVACIONES:				

#### Análisis:

El peso específico del agregado fino es de 2.52 gr/cm<sup>3</sup>, está dentro de los parámetros 2.5 a 2.75 gr/cm<sup>3</sup> considerados por (E. pascal) en su libro tópicos de tecnología de concreto, por lo que se puede afirmar que es un material adecuado para los fines de esta tesis. En tanto la absorción del agregado fino del material usado es 2.6%, que nos indica que el material tiene la capacidad de absorber el agua en sus espacios vacíos interior del 2.6%.

### 3.6.1.5 Análisis del Contenido de humedad de agregado fino

Tabla 87: Resultados de contenido de humedad de agregado fino

Contenido de humedad de agregado fino				
Datos de la muestra				
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
PESO DE CAPSULA (g)	37.00	37.00	37.00	37.00
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO (g)	180.00	172.00	169.00	173.67
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)	173.20	165.50	162.70	167.13
PESO DEL AGUA (g)	6.80	6.50	6.30	6.53
PESO DEL SUELO SECO (g)	136.20	128.50	125.70	130.13
CONTENIDO DE AGUA (%)	4.99	5.06	5.01	5.02

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =	5.02%
---------------------------------	-------

**Análisis:**

En contenido de humedad del agregado fino del material usado es 5.02%, que nos indica que el material tiene la capacidad de retener superficialmente el agua al momento de efectuarse el ensayo es de 5.02%.

**3.6.2 Análisis de granulometría de agregado grueso**

**3.6.2.1 Cuadro de análisis de datos**

Tabla 88: Resultados para granulometría de agregado grueso

Granulometría agregado grueso								
Datos de ensayo								
Peso muestra		1500.00						
Malla	Peso	% ret	% ret	% que	Especificaciones			
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa			
2 1/2"	63,500	0.00	0.00%	0.00%	100.00			
2"	50,600	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100		100
1 1/2"	38,100	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100		100
1"	25,400	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100		100
3/4"	19,050	82.45	5.50%	5.50%	94.50	90		100
3/8"	9,525	955.75	63.72%	69.21%	30.79	20		55
N° 4		383.65	25.58%	94.79%	5.21	0		10
N° 8		78.15	5.21%	100.00%	0.00	0		5
N° 16		0	0.00%	100.00%	0.00	0		0

**3.6.2.2 Cuadro de la curva granulométrica de agregado grueso**

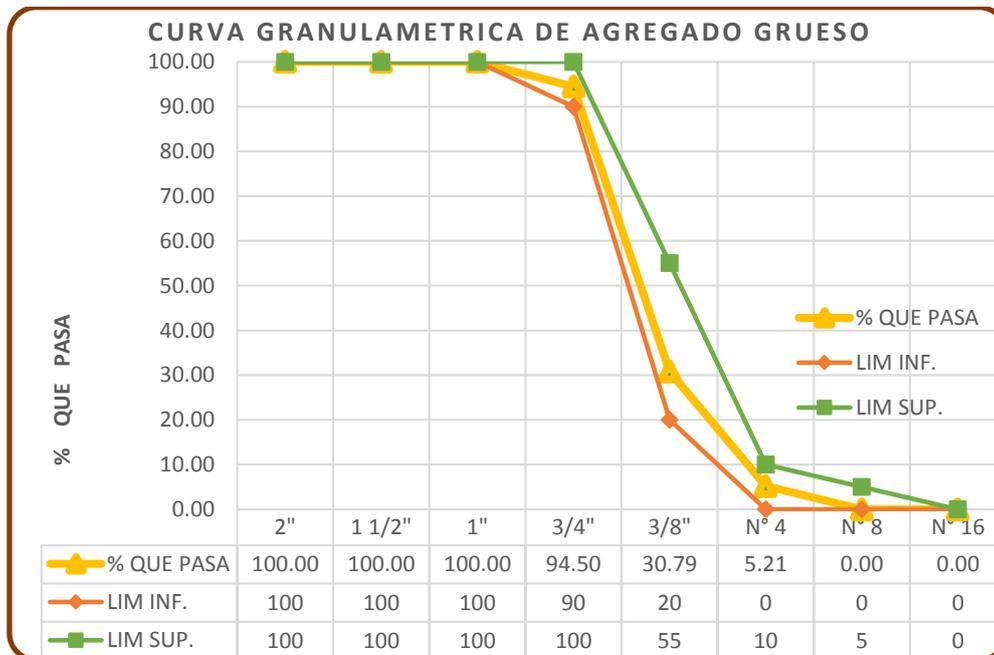


Figura 84: Granulometría de agregado grueso

**ANÁLISIS :**

De acuerdo a la figura N°06 mostrado en el presente trabajo de investigación se muestra que el agregado grueso utilizado en las pruebas de laboratorio cumple con las características exigidas por la NTP observándose que la curva del peso en porcentaje que pasa en las distintas mallas está dentro del límite inferior y límite superior de las curvas granulométricas exigidas para el agregado grueso.

De acuerdo a los datos de cuadro 75 se puede afirmar el tamaño máximo del agregado grueso es 1" y el tamaño máximo nominal es  $\frac{3}{4}$ ".

**3.6.2.3 Análisis del peso unitario del agregado grueso**

Tabla 89: Análisis de peso unitario del agregado grueso

Peso unitario del agregado grueso						
Datos de la muestra						
Determinación n°	Suelto			Varillado		
	1	2	3	1	2	3
Peso del molde más agregado seco ( g )	6784.40	6824.20	6744.30	7278.50	7260.50	7295.60
Peso del molde ( g )	2784.00	2784.00	2784.00	2945.20	2945.20	2945.20
Peso del agregado seco ( g )	4000.40	4040.20	3960.30	4333.30	4315.30	4350.40
Volumen del molde ( cc )	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35	2801.35
Peso específico Bulk del agregado ( gr/cc )	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
Vacíos en el agregado ( % )	0.73	0.72	0.73	0.70	0.71	0.70
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m <sup>3</sup> )	1428.03	1442.24	1413.71	1546.86	1540.44	1552.97
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m <sup>3</sup> )	1427.99			1546.76		
Observaciones:						

**Análisis:**

El peso unitario suelto del agregado grueso es de 1427.99 kg/m<sup>3</sup> como muestra el cuadro N° 76, este valor está dentro de los parámetros asignados para peso unitario de agregados normales entre 1350-1600 kg/m<sup>3</sup> según (E. Pasquel) por lo que se puede afirmar que el peso unitario suelto para esta investigación cumple.

En cuanto a peso unitario compactado del agregado grueso es de 1546.76 kg/m<sup>3</sup> como muestra el cuadro N° 76, según (E. Pasquel) indica los parámetros para peso unitario compactado para agregados normales esta entre 1500-1700 kg/m<sup>3</sup>. Por lo que se puede afirmar que el peso unitario compactado del agregado usado para esta investigación está dentro de los parámetros señalados por lo que se puede afirmar que cumple.

**3.6.2.4 Análisis de la gravedad específica y absorción del agregado grueso.**

Tabla 90: Análisis de gravedad específica y absorción de agregado grueso

Gravedad específica y absorción de agregado grueso				
Datos de la muestra				
Item	Determinación n°	Valores		
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (g)	800.00		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (g)	497.98		
C	Vol. de masa + vol. de vacíos = A-B (g)	302.02		
D	Peso material seco-estufa ( 105 °C )(g)	791.47		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (g)	293.49		<b>PROMEDIO</b>
F	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.62		
G	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.65		
I	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.70		
J	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.08%		
OBSERVACIONES:				

**Análisis:**

El peso específico del agregado grueso es de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>, está dentro de los parámetros 2.5 a 2.75 gr/cm<sup>3</sup> considerados por (E. pascal) en su libro tópicos de tecnología de concreto, por lo que se puede afirmar que es un material adecuado para los fines de esta tesis. En tanto la absorción del agregado grueso del material usado es 1.08%, que nos indica que el material tiene la capacidad de absorber el agua en sus espacios vacíos interior del 1.08%.

**3.6.2.5 Análisis contenido de humedad de agregado grueso.**

Tabla 91: Análisis de contenido de humedad de agregado grueso

Contenido de humedad de agregado grueso				
Datos de la muestra				
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
PESO DE CAPSULA (g)	46.00	46.00	29.00	
PESO CAPS + MATERIAL HÚMEDO (g)	438.00	404.00	327.00	
PESO CAPS + MATERIAL SECO (g)	434.50	400.90	324.50	
PESO DEL AGUA (g)	3.50	3.10	2.50	
PESO DEL SUELO SECO (g)	388.50	354.90	295.50	
CONTENIDO DE AGUA (%)	0.90	0.87	0.85	0.87

<b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =</b>	<b>0.87%</b>
--	--------------

**Análisis:**

En contenido de humedad del agregado grueso del material usado es 0.87 %, que nos indica que el material tiene la capacidad de retener superficialmente el agua al momento de efectuarse el ensayo es de 0.87%.

### 3.6.2.6 Análisis resistencia al desgaste del agregado grueso

Tabla 92: Análisis resistencia al desgaste de agregado grueso

Resistencia al desgaste del agregado grueso					
Datos de la muestra					
Material grueso - piedra chancada	Pesos	Especificaciones		Tamaño máximo	
		Graduación	N° esferas	Pasa	Retenido
Pi =Peso inicial de la muestra (g)	5000.00	A	12	11/2"	1"
Pf= peso final - muestra después de pasada en malla N° 12 (g)	4025.64	B	11	3/4"	1/2"
Graduación	A	C	8	3/8"	1/4"
<b>CALCULO : % DE ABRASION</b>		D	6	N° 4	N° 8
<b>%ABRASION=(Pi-Pf)/Pi*100</b>				500 rev.	
			<b>VELOCIDAD</b>	<b>30 rev./min</b>	

PORCENTAJE DE ABRASIÓN =

#### Análisis:

El porcentaje de desgaste obtenido en este ensayo es 19.5%, por lo que se puede afirmar que es un material apto para la elaboración de concretos de acuerdo a la NTP 400.019 indica que el desgaste debe ser menor al 50% del peso material.



## 3.6.3 Análisis del peso volumétrico de concreto

Tabla 93: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D-1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.06	15.60	15.70	15.45	30.80	30.70	30.50	30.67	0.005750	12.99	2259.13	<b>2319.58</b>
2	7	15.50	15.30	15.50	15.43	30.30	30.50	30.20	30.33	0.005671	13.38	2360.08	
3	7	15.00	15.20	15.00	15.07	29.80	29.80	29.70	29.77	0.005310	12.18	2293.79	
4	7	15.80	15.20	15.70	15.57	30.40	30.50	30.50	30.47	0.005801	13.71	2363.90	
5	7	15.02	15.03	15.00	15.02	30.20	30.50	30.50	30.40	0.005386	12.50	2321.02	

Tabla 94: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D-1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.30	15.20	15.10	15.20	30.20	30.15	30.00	30.12	0.005466	12.04	2203.26	<b>2214.30</b>
2	7	15.30	15.20	15.30	15.27	30.50	30.20	30.20	30.30	0.005549	12.41	2236.08	
3	7	15.35	15.30	15.35	15.33	30.50	30.50	30.60	30.53	0.005635	12.49	2216.86	
4	7	15.30	15.20	15.20	15.23	29.80	30.10	30.00	29.97	0.005460	12.23	2239.19	
5	7	15.20	15.30	15.20	15.23	30.30	30.30	30.30	30.30	0.005520	12.01	2176.09	



Tabla 95: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.02	15.01	15.02	15.02	30.08	30.06	30.06	30.07	0.005328	11.34	2128.19	<b>2170.77</b>
2	7	15.07	15.08	15.02	15.06	30.07	30.06	30.06	30.06	0.005355	12.70	2371.80	
3	7	15.60	14.80	15.00	15.13	29.80	29.90	29.90	29.87	0.005370	11.49	2140.41	
4	7	15.30	15.30	15.30	15.30	30.10	30.00	30.10	30.07	0.005528	11.76	2127.35	
5	7	15.35	15.30	15.40	15.35	31.00	31.00	31.00	31.00	0.005737	11.97	2086.11	

Tabla 96: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm))				
1	7	15.02	15.03	15.03	15.02	30.04	30.07	30.06	30.06	0.005326	11.63	2184.38	<b>2150.53</b>
2	7	15.01	15.03	15.02	15.02	30.03	30.04	30.01	30.03	0.005321	11.53	2167.64	
3	7	15.01	15.01	15.00	15.01	30.01	30.02	30.01	30.01	0.005310	11.24	2116.95	
4	7	15.03	15.01	15.02	15.02	30.05	30.06	30.08	30.06	0.005326	11.27	2115.85	
5	7	15.06	15.05	15.06	15.06	30.06	30.07	30.08	30.07	0.005356	11.61	2167.85	



Tabla 97: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	21	15.20	15.30	15.30	15.27	30.70	30.40	30.40	30.50	0.005586	12.74	2280.70	<b>2289.61</b>
2	21	15.40	15.30	15.20	15.30	30.30	30.40	30.50	30.40	0.005589	12.69	2270.53	
3	21	15.30	15.40	15.30	15.33	30.50	30.40	30.40	30.43	0.005617	12.77	2273.46	
4	21	15.10	15.10	15.10	15.10	30.40	30.30	30.30	30.33	0.005431	12.37	2277.67	
5	21	15.10	15.10	15.10	15.10	30.00	30.00	30.10	30.03	0.005378	12.62	2345.67	

Tabla 98: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10% de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	21	15.60	15.60	15.50	15.57	30.30	30.30	30.30	30.30	0.005769	12.80	2217.89	<b>2219.51</b>
2	21	15.10	15.00	15.10	15.07	30.30	30.30	30.20	30.27	0.005399	12.07	2235.60	
3	21	15.10	14.90	15.20	15.07	30.00	30.00	30.00	30.00	0.005351	11.84	2212.67	
4	21	15.10	14.90	15.10	15.03	30.30	30.10	30.00	30.13	0.005346	11.95	2234.38	
5	21	15.40	15.30	15.40	15.37	30.45	30.40	30.40	30.42	0.005644	12.40	2197.02	



Tabla 99: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20% de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	21	15.80	15.90	15.70	15.80	30.60	30.70	30.10	30.47	0.005974	13.06	2185.30	<b>2188.60</b>
2	21	15.20	15.10	15.10	15.13	30.40	30.50	30.40	30.43	0.005471	12.24	2237.25	
3	21	15.10	15.20	15.20	15.17	30.30	30.20	30.20	30.23	0.005464	11.77	2153.18	
4	21	15.20	14.90	15.10	15.07	30.40	30.40	30.40	30.40	0.005422	11.88	2191.07	
5	21	16.00	16.20	16.00	16.07	30.10	30.50	30.30	30.30	0.006146	13.38	2176.21	

Tabla 100: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30 % de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	21	15.20	15.20	15.30	15.23	30.50	30.50	30.50	30.50	0.005556	11.48	2065.33	<b>2059.88</b>
2	21	15.10	15.20	15.00	15.10	30.30	30.20	30.30	30.27	0.005421	11.50	2121.38	
3	21	15.20	15.20	14.90	15.10	30.10	30.20	30.10	30.13	0.005396	10.91	2021.87	
4	21	15.40	15.20	15.30	15.30	30.60	30.70	30.60	30.63	0.005631	11.18	1984.55	
5	21	15.10	15.00	15.20	15.10	30.00	30.00	30.00	30.00	0.005372	11.32	2106.29	



Tabla 101: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto patrón a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	15.00	15.10	14.80	14.97	29.90	29.90	29.80	29.87	0.005257	12.32	2343.54	<b>2301.97</b>
2	28	14.90	15.00	15.20	15.03	30.00	30.00	30.00	30.00	0.005323	12.39	2327.63	
3	28	15.00	14.95	15.00	14.98	30.00	30.00	30.00	30.00	0.005287	11.96	2262.15	
4	28	15.40	15.40	15.40	15.40	30.70	30.60	30.50	30.60	0.005700	12.93	2268.42	
5	28	15.10	15.00	15.20	15.10	29.80	29.80	29.90	29.83	0.005342	12.33	2308.12	

Tabla 102: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 10 % de PPE. a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	15.00	15.10	15.00	15.03	30.00	29.80	29.90	29.90	0.005305	11.93	2248.82	<b>2236.43</b>
2	28	15.20	15.00	15.30	15.17	30.80	30.50	30.80	30.70	0.005549	12.52	2256.26	
3	28	15.40	14.90	15.40	15.23	29.80	29.90	29.80	29.83	0.005434	12.08	2223.04	
4	28	15.30	15.50	15.50	15.43	30.70	30.70	30.80	30.73	0.005746	12.89	2243.30	
5	28	15.40	15.20	15.30	15.30	30.50	30.60	30.50	30.53	0.005613	12.41	2210.94	
6	28	14.90	15.20	15.10	15.07	30.20	30.10	30.20	30.17	0.005381	11.99	2228.21	
7	28	15.20	15.30	15.25	15.25	30.30	30.50	30.30	30.37	0.005547	12.45	2244.46	



Tabla 103: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 20 % de PPE. a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	15.30	15.40	15.30	15.33	30.50	30.50	30.50	30.50	0.005630	11.82	2099.47	<b>2173.39</b>
2	28	14.90	15.10	14.90	14.97	31.00	31.00	30.90	30.97	0.005451	12.18	2234.45	
3	28	14.80	15.00	15.10	14.97	30.10	30.20	30.10	30.13	0.005303	11.42	2153.50	
4	28	15.00	15.00	15.10	15.03	30.00	30.00	29.90	29.97	0.005317	11.33	2130.90	
5	28	15.20	16.30	16.30	15.93	30.00	30.00	29.80	29.93	0.005965	13.33	2234.70	
6	28	15.10	15.00	15.00	15.03	30.00	30.00	29.90	29.97	0.005317	11.63	2187.32	

Tabla 104: Análisis de ensayo de peso volumétrico de concreto al 30 % de PPE. a los 28 días

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO													
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>													
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO CM				ALTURA				VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	28	14.90	15.00	15.10	15.00	30.30	30.10	30.20	30.20	0.005337	10.84	2031.10	<b>2090.49</b>
2	28	15.40	15.30	15.20	15.30	30.40	30.50	30.50	30.47	0.005602	11.77	2101.04	
3	28	15.30	15.10	15.30	15.23	30.40	30.40	30.30	30.37	0.005533	11.57	2091.09	
4	28	15.40	15.20	15.40	15.33	30.40	30.20	30.40	30.33	0.005598	11.67	2084.67	
5	28	15.50	15.30	15.50	15.43	30.30	30.20	30.30	30.27	0.005660	12.18	2151.94	
6	28	15.40	15.30	15.30	15.33	30.80	30.70	30.80	30.77	0.005679	11.83	2083.11	

### 3.6.4 Análisis estadístico del peso volumétrico.

La variación de los pesos entre los diferentes tipos de concretos adicionados con perlas de poliestireno expandido (PPE) al 10%, 20% y 30% evaluados a los 7, 21 y 28 días de curado no guardan una relación debido a que las briqueteras no tienen dimensiones exactas tanto en el diámetro y altura y algunas presentan deformaciones mínimas por lo que los volúmenes son diferentes y que influyen directamente en el peso de los testigos.

#### 3.6.4.1 Análisis estadístico del peso volumétrico del concreto Patrón

Tabla 105: Peso volumétrico de concreto patrón por tiempo de curado

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETO PATRÓN							
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>							
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO	ALTURA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm <sup>3</sup> )
		PROMEDIO (cm)	PROMEDIO (cm)				
1	7	15.45	30.67	0.005750	12.99	2259.13	<b>2319.58</b>
2	7	15.43	30.33	0.005671	13.38	2360.08	
3	7	15.07	29.77	0.005310	12.18	2293.79	
4	7	15.57	30.47	0.005801	13.71	2363.90	
5	7	15.02	30.40	0.005386	12.50	2321.02	
1	21	15.27	30.50	0.005586	12.74	2280.70	<b>2289.61</b>
2	21	15.30	30.40	0.005589	12.69	2270.53	
3	21	15.33	30.43	0.005617	12.77	2273.46	
4	21	15.10	30.33	0.005431	12.37	2277.67	
5	21	15.10	30.03	0.005378	12.62	2345.67	
1	28	14.97	29.87	0.005257	12.32	2343.54	<b>2301.97</b>
2	28	15.03	30.00	0.005323	12.39	2327.63	
3	28	14.98	30.00	0.005287	11.96	2262.15	
4	28	15.40	30.60	0.005700	12.93	2268.42	
5	28	15.10	29.83	0.005342	12.33	2308.12	

Tabla 106: Análisis estadístico de peso volumétrico de concreto patrón

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETO PATRÓN			
DESCRIPCIÓN	7 DÍAS	21 DÍAS	28 DÍAS
PROMEDIO	2319.58	2289.61	2301.97
VARIANZA	1981.48	997.39	1283.89
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	44.51	31.58	35.83
DESVIACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDO	19.14	13.58	15.40
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	0.82%	0.59%	0.67%
INTERPRETACIÓN COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

El análisis estadístico del peso volumétrico de concreto patrón según el cuadro N° 93 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7, 21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que los valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasque el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

**3.6.4.2 Análisis estadístico del peso volumétrico del concreto al 10% PPE.**

Tabla 107: Peso volumétrico de concreto al 10 % de PPE por el tiempo de curado

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETO AL 10% PPE							
CONCRETO AL 10% PPE F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO	ALTURA	VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		PROMEDIO (cm)	H-PROM (cm)				
1	7	15.20	30.12	0.005466	12.04	2203.26	<b>2214.30</b>
2	7	15.27	30.30	0.005549	12.41	2236.08	
3	7	15.33	30.53	0.005635	12.49	2216.86	
4	7	15.23	29.97	0.005460	12.23	2239.19	
5	7	15.23	30.30	0.005520	12.01	2176.09	
1	21	15.57	30.30	0.005769	12.80	2217.89	<b>2219.51</b>
2	21	15.07	30.27	0.005399	12.07	2235.60	
3	21	15.07	30.00	0.005351	11.84	2212.67	
4	21	15.03	30.13	0.005346	11.95	2234.38	
5	21	15.37	30.42	0.005644	12.40	2197.02	
1	28	15.03	29.90	0.005305	11.93	2248.82	<b>2236.47</b>
2	28	15.17	30.70	0.005549	12.52	2256.26	
3	28	15.23	29.83	0.005434	12.08	2223.04	
4	28	15.43	30.73	0.005746	12.89	2243.30	
5	28	15.30	30.53	0.005613	12.41	2210.94	
6	28	15.07	30.17	0.005381	11.99	2228.21	
7	28	15.25	30.37	0.005547	12.45	2244.46	

Tabla 108: Análisis estadístico del peso volumétrico de concretos al 10% de PPE

ANALISIS ESTADISTICO DE PESO VOLUMETRICO DE CONCRETO AL 10% DE PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	2214.30	2219.51	2236.43
VARIANZA	670.58	258.80	259.17
DESVIACION ESTADAR	25.90	16.09	16.10
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	11.13	6.92	5.95
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	0.50%	0.31%	0.27%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

El análisis estadístico del peso volumétrico de concretos sustituidos al 10% de Perlas de poliestireno expandido al agregado fino según el cuadro N° 95 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7, 21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasque el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.6.4.3 Análisis estadístico del peso volumétrico del concreto al 20% PPE

Tabla 109: Peso volumétrico de concretos al 20% de PPE por tiempo de curado

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETO AL 20% PPE							
CONCRETO AL 20% PPE F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIAMETRO	ALTURA	VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	PESO VOLUMETRICO PROMEDIO (kg/cm3)
		PROMEDIO (cm)	H-PROM (cm)				
1	7	15.02	30.07	0.005328	11.34	2128.19	<b>2170.77</b>
2	7	15.06	30.06	0.005355	12.70	2371.80	
3	7	15.13	29.87	0.005370	11.49	2140.41	
4	7	15.30	30.07	0.005528	11.76	2127.35	
5	7	15.35	31.00	0.005737	11.97	2086.11	
1	21	15.80	30.47	0.005974	13.06	2185.30	<b>2188.60</b>
2	21	15.13	30.43	0.005471	12.24	2237.25	
3	21	15.17	30.23	0.005464	11.77	2153.18	
4	21	15.07	30.40	0.005422	11.88	2191.07	
5	21	16.07	30.30	0.006146	13.38	2176.21	
1	28	15.33	30.50	0.005630	11.82	2099.47	<b>2170.60</b>
2	28	14.97	30.97	0.005451	12.18	2234.45	
3	28	14.97	30.13	0.005303	11.42	2153.50	
4	28	15.03	29.97	0.005317	11.33	2130.90	
5	28	15.93	29.93	0.005965	13.33	2234.70	
6	28	15.03	29.97	0.005317	11.63	2187.32	

Tabla 110: Análisis estadístico de concretos al 20% de PPE.

ANALISIS ESTADISTICO DE PESO VOLUMETRICO DE CONCRETO AL 20% DE PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	2170.77	2188.60	2170.60
VARIANZA	13050.11	947.98	3778.40
DESVIACION ESTADAR	114.24	30.79	61.47
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	49.11	13.24	24.26
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	2.26%	0.60%	1.12%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	MUY BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

El análisis estadístico del peso volumétrico de concretos sustituidos al 20% de Perlas de poliestireno expandido al agregado fino según el cuadro N° 97 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7, 21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasque el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.6.4.4 Análisis estadístico del peso volumétrico del concreto al 30% PPE

Tabla 111: Peso volumétrico del concreto al 30% de PPE por tiempo de curado

ENSAYO DE PESO VOLUMETRICO DE CONCRETO AL 30% PPE							
CONCRETO AL 30% PPE F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIAMETRO	ALTURA	VOLUMEN (m3)	PESO BRIQUETA (kg)	PESO VOLUMETRICICO (kg/m3)	PESO VOLUMETRICICO PROMEDIO (kg/cm3)
		PROMEDIO (cm)	H-PROM (cm)				
1	7	15.02	30.06	0.005326	11.63	2184.38	<b>2150.53</b>
2	7	15.02	30.03	0.005321	11.53	2167.64	
3	7	15.01	30.01	0.005310	11.24	2116.95	
4	7	15.02	30.06	0.005326	11.27	2115.85	
5	7	15.06	30.07	0.005356	11.61	2167.85	
1	21	15.23	30.50	0.005556	11.48	2065.33	<b>2059.88</b>
2	21	15.10	30.27	0.005421	11.50	2121.38	
3	21	15.10	30.13	0.005396	10.91	2021.87	
4	21	15.30	30.63	0.005631	11.18	1984.55	
5	21	15.10	30.00	0.005372	11.32	2106.29	
1	28	15.00	30.20	0.005337	10.84	2031.10	<b>2091.97</b>
2	28	15.30	30.47	0.005602	11.77	2101.04	
3	28	15.23	30.37	0.005533	11.57	2091.09	
4	28	15.33	30.33	0.005598	11.67	2084.67	
5	28	15.43	30.27	0.005660	12.18	2151.94	
6	28	15.33	30.77	0.005679	11.83	2083.11	

Tabla 112: Análisis estadístico de concretos al 30% de PPE

ANALISIS ESTADISTICO DE PESO VOLUMETRICO DE CONCRETO AL 30% DE PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	2150.53	2059.88	2090.49
VARIANZA	1017.22	3271.30	1500.65
DESVIACION ESTADAR	31.89	57.20	38.74
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	13.71	24.59	15.29
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	0.64%	1.19%	0.73%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE



El análisis estadístico del peso volumétrico de concretos sustituidos al 30% de Perlas de poliestireno expandido al agregado fino según el cuadro N° 99 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7, 21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasque el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).



3.6.5 Análisis del ensayo a compresión axial

Tabla 113: Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.06	15.60	15.70	15.45	30.80	30.70	30.50	30.67	187.48	35700	190.42	210	151.64
2	7	15.50	15.30	15.50	15.43	30.30	30.50	30.20	30.33	186.99	29690	158.78	210	
3	7	15.00	15.20	15.00	15.07	29.80	29.80	29.70	29.77	178.37	27620	154.85	210	
4	7	15.80	15.20	15.70	15.57	30.40	30.50	30.50	30.47	190.40	20320	106.72	210	
5	7	15.02	15.03	15.00	15.02	30.20	30.50	30.50	30.40	177.19	26120	147.41	210	

Tabla 114: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.30	15.20	15.10	15.20	30.20	30.15	30.00	30.12	181.46	27870	153.59	210	162.92
2	7	15.30	15.20	15.30	15.27	30.50	30.20	30.20	30.30	183.13	28990	158.30	210	
3	7	15.35	15.30	15.35	15.33	30.50	30.50	30.60	30.53	184.58	31240	169.25	210	
4	7	15.30	15.20	15.20	15.23	29.80	30.10	30.00	29.97	182.18	31010	170.22	210	
5	7	15.20	15.30	15.20	15.23	30.30	30.30	30.30	30.30	182.18	29740	163.25	210	



Tabla 115: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.02	15.01	15.02	15.02	30.08	30.06	30.06	30.07	177.19	23960	135.22	210	147.54
2	7	15.07	15.08	15.02	15.06	30.07	30.06	30.06	30.06	178.13	15310	85.95	210	
3	7	15.60	14.80	15.00	15.13	29.80	29.90	29.90	29.87	179.79	26770	148.90	210	
4	7	15.30	15.30	15.30	15.30	30.10	30.00	30.10	30.07	183.85	27852	151.49	210	
5	7	15.35	15.30	15.40	15.35	31.00	31.00	31.00	31.00	185.06	28600	154.54	210	

Tabla 116: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	7	15.02	15.03	15.03	15.02	30.04	30.07	30.06	30.06	177.19	22670	127.94	210	126.35
2	7	15.01	15.03	15.02	15.02	30.03	30.04	30.01	30.03	177.19	22560	127.32	210	
3	7	15.01	15.01	15.00	15.01	30.01	30.02	30.01	30.01	176.95	20560	116.19	210	
4	7	15.03	15.01	15.02	15.02	30.05	30.06	30.08	30.06	177.19	22780	128.56	210	
5	7	15.06	15.05	15.06	15.06	30.06	30.07	30.08	30.07	178.13	23470	131.76	210	



Tabla 117: Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO PATRON % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.20	15.30	15.30	15.27	30.70	30.40	30.40	30.50	183.13	32670	178.40	210	188.41
2	21	15.40	15.30	15.20	15.30	30.30	30.40	30.50	30.40	183.85	38610	210.01	210	
3	21	15.30	15.40	15.30	15.33	30.50	30.40	30.40	30.43	184.58	38300	207.50	210	
4	21	15.10	15.10	15.10	15.10	30.40	30.30	30.30	30.33	179.08	34490	192.60	210	
5	21	15.10	15.10	15.10	15.10	30.00	30.00	30.10	30.03	179.08	27500	153.56	210	

Tabla 118: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				AREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.60	15.60	15.50	15.57	30.30	30.30	30.30	30.30	190.40	39190	205.83	210	216.53
2	21	15.10	15.00	15.10	15.07	30.30	30.30	30.20	30.27	178.37	39040	218.87	210	
3	21	15.10	14.90	15.20	15.07	30.00	30.00	30.00	30.00	178.37	38371	215.12	210	
4	21	15.10	14.90	15.10	15.03	30.30	30.10	30.00	30.13	177.42	40120	226.13	210	
5	21	15.40	15.30	15.40	15.37	30.45	30.40	30.40	30.42	185.54	40210	216.72	210	



Tabla 119: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.80	15.90	15.70	15.80	30.60	30.70	30.10	30.47	196.07	25330	129.19	210	169.35
2	21	15.20	15.10	15.10	15.13	30.40	30.50	30.40	30.43	179.79	37220	207.02	210	
3	21	15.10	15.20	15.20	15.17	30.30	30.20	30.20	30.23	180.74	34770	192.38	210	
4	21	15.20	14.90	15.10	15.07	30.40	30.40	30.40	30.40	178.37	33690	188.88	210	
5	21	16.00	16.20	16.00	16.07	30.10	30.50	30.30	30.30	202.83	26220	129.27	210	

Tabla 120: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los 21 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	21	15.20	15.20	15.30	15.23	30.50	30.50	30.50	30.50	182.18	29270	160.67	210	149.18
2	21	15.10	15.20	15.00	15.10	30.30	30.20	30.30	30.27	179.08	14970	83.59	210	
3	21	15.20	15.20	14.90	15.10	30.10	30.20	30.10	30.13	179.08	26720	149.21	210	
4	21	15.40	15.20	15.30	15.30	30.60	30.70	30.60	30.63	183.85	24480	133.15	210	
5	21	15.10	15.00	15.20	15.10	30.00	30.00	30.00	30.00	179.08	27520	153.67	210	



Tabla 121 Análisis del ensayo de compresión axial de concreto patrón a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO PATRÓN % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	28	15.00	15.10	14.80	14.97	29.90	29.90	29.80	29.87	176.01	37966	215.70	210	214.56
2	28	14.90	15.00	15.20	15.03	30.00	30.00	30.00	30.00	177.42	40410	227.76	210	
3	28	15.00	14.95	15.00	14.98	30.00	30.00	30.00	30.00	176.24	38490	218.40	210	
4	28	15.40	15.40	15.40	15.40	30.70	30.60	30.50	30.60	186.27	38110	204.60	210	
5	28	15.10	15.00	15.20	15.10	29.80	29.80	29.90	29.83	179.08	36950	206.33	210	

Tabla 122: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 10% de PPE. a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 10 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	28	15.00	15.10	15.00	15.03	30.00	29.80	29.90	29.90	177.42	38470	216.83	210	220.52
2	28	15.20	15.00	15.30	15.17	30.80	30.50	30.80	30.70	180.74	39960	221.09	210	
3	28	15.40	14.90	15.40	15.23	29.80	29.90	29.80	29.83	182.18	42660	234.16	210	
4	28	15.30	15.50	15.50	15.43	30.70	30.70	30.80	30.73	186.99	40240	215.20	210	
5	28	15.40	15.20	15.30	15.30	30.50	30.60	30.50	30.53	183.85	38290	208.27	210	
6	28	14.90	15.20	15.10	15.07	30.20	30.10	30.20	30.17	178.37	39700	222.57	210	
7	28	15.20	15.30	15.25	15.25	30.30	30.50	30.30	30.37	182.65	38280	209.58	210	



Tabla 123: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 20% de PPE. A los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 20 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA (cm2)	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm2)	F'C DISEÑO (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)
		D -1 (cm)	D-2 (cm)	D-3 (cm)	PROMEDIO (cm)	H-1 (cm)	H-2 (cm)	H-3 (cm)	PROMEDIO (cm)					
1	28	15.30	15.40	15.30	15.33	30.50	30.50	30.50	30.50	184.58	34600	187.45	210	195.42
2	28	14.90	15.10	14.90	14.97	31.00	31.00	30.90	30.97	176.01	39060	221.92	210	
3	28	14.80	15.00	15.10	14.97	30.10	30.20	30.10	30.13	176.01	37660	213.97	210	
4	28	15.00	15.00	15.10	15.03	30.00	30.00	29.90	29.97	177.42	31450	177.26	210	
5	28	15.20	16.30	16.30	15.93	30.00	30.00	29.80	29.93	199.31	30620	153.63	210	
6	28	15.10	15.00	15.00	15.03	30.00	30.00	29.90	29.97	177.42	35510	200.15	210	

Tabla 124: Análisis de ensayo de compresión axial de concreto al 30% de PPE. a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN														
CONCRETO 30 % F'C=210 Kg/cm2														
BRIQUETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO				ALTURA				ÁREA BRIQUETA cm2	CARGA APLICADA kg	RESISTENCIA KG/CM2	F'C DISEÑO KG/CM2	RESISTENCIA PROMEDIO kg/cm2
		D -1 cm	D-2 cm	D-3 cm	PROMEDIO cm	H-1 cm	H-2 cm	H-3 cm	PROMEDIO (cm)					
1	28	14.90	15.00	15.10	15.00	30.30	30.10	30.20	30.20	176.71	29530	167.11	210	163.25
2	28	15.40	15.30	15.20	15.30	30.40	30.50	30.50	30.47	183.85	28400	154.47	210	
3	28	15.30	15.10	15.30	15.23	30.40	30.40	30.30	30.37	182.18	29380	161.27	210	
4	28	15.40	15.20	15.40	15.33	30.40	30.20	30.40	30.33	184.58	23380	126.67	210	
5	28	15.50	15.30	15.50	15.43	30.30	30.20	30.30	30.27	186.99	36400	194.66	210	
6	28	15.40	15.30	15.30	15.33	30.80	30.70	30.80	30.77	184.58	32360	175.32	210	

### 3.6.6 Análisis estadístico del ensayo de resistencia a compresión axial

#### 3.6.6.1 Análisis estadístico de la resistencia a compresión de concreto patrón

Tabla 125: Resistencia a compresión de concreto patrón por tiempo de curado

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO PATRÓN								
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm2								
BRIQUETA N°	EDAD	D. PROMEDIO cm	ALTURA cm	ÁREA BRIQUETA cm2	CARGA APLICADA kg	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO GENERAL kg/cm2	PROMEDIO CORREGIDO kg/cm2
1	7	15.45	30.67	187.48	35700	190.42	<b>151.64</b>	<b>153.68</b>
2	7	15.43	30.33	186.99	29690	158.78		
3	7	15.07	29.77	178.37	27620	154.85		
4	7	15.57	30.47	190.4	20320	106.72		
5	7	15.02	30.40	177.19	26120	147.41		
1	21	15.27	30.50	183.13	32670	178.40	<b>188.41</b>	<b>203.37</b>
2	21	15.30	30.40	183.85	38610	210.01		
3	21	15.33	30.43	184.58	38300	207.50		
4	21	15.10	30.33	179.08	34490	192.60		
5	21	15.10	30.03	179.08	27500	153.56		
1	28	14.97	29.87	176.01	37966	215.70	<b>214.56</b>	<b>214.56</b>
2	28	15.03	30.00	177.42	40410	227.76		
3	28	14.98	30.00	176.24	38490	218.40		
4	28	15.40	30.60	186.27	38110	204.60		
5	28	15.10	29.83	179.08	36950	206.33		

Tabla 126: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concreto patrón

ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO PATRON			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	153.68	203.37	214.56
VARIANZA	33.35	679.31	89.30
DESVIACION ESTADAR	5.77	9.41	9.45
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	3.41	5.56	4.06
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	2.22%	2.73%	1.89%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	MUY BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE

El análisis estadístico de la resistencia a compresión del concreto patrón según el cuadro N° 113 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7 y 21 días tienen un coeficiente de variabilidad al 2.22% y 2.73% respectivamente, lo que significa que existe una dispersión pequeña de los datos, según el Ing. Enrique Pasquel son MUY BUENOS. A los 28 días existe una pequeña variabilidad, es decir, que los valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel

el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.6.6.2 Análisis estadístico de la resistencia a compresión de concretos al 10% PPE.

Tabla 127: Resistencia a compresión de concretos al 10 % de PPE por tiempo de curado

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO AL 10% DE PPE								
CONCRETO AL 10% PPE F'C=210 Kg/cm2								
BRIQUETA N°	EDAD	D. PROMEDIO cm	ALTURA cm	ÁREA BRIQUETA cm2	CARGA APLICADA kg	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO GENERAL kg/cm2	PROMEDIO CORREGIDO kg/cm2
1	7	15.20	30.12	181.46	27870	153.59	<b>162.92</b>	<b>162.92</b>
2	7	15.27	30.30	183.13	28990	158.30		
3	7	15.33	30.53	184.58	31240	169.25		
4	7	15.23	29.97	182.18	31010	170.22		
5	7	15.23	30.30	182.18	29740	163.25		
1	21	15.57	30.30	190.40	39190	205.83	<b>216.53</b>	<b>216.53</b>
2	21	15.07	30.27	178.37	39040	218.87		
3	21	15.07	30.00	178.37	38371	215.12		
4	21	15.03	30.13	177.42	40120	226.13		
5	21	15.37	30.42	185.54	40210	216.72		
1	28	15.03	29.90	177.42	38470	216.83	<b>218.24</b>	<b>218.24</b>
2	28	15.17	30.70	180.74	39960	221.09		
3	28	15.23	29.83	182.18	42660	234.16		
4	28	15.43	30.73	186.99	40240	215.20		
5	28	15.30	30.53	183.85	38290	208.27		
6	28	15.07	30.17	178.37	39700	222.57		
7	28	15.25	30.37	182.65	38280	209.58		

Tabla 128: Análisis estadístico resistencia a compresión de concretos al 10% de PPE.

ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO AL 10% PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	162.92	216.53	218.24
VARIANZA	50.47	53.54	77.66
DESVIACION ESTADAR	7.10	7.32	9.60
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	3.05	3.15	3.55
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	1.87%	1.45%	1.63%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

El análisis estadístico de la resistencia a compresión del concretos AL 10% de PPE según el cuadro N° 115 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7,21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según

el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.6.6.3 Análisis estadístico de la resistencia a compresión de concretos al 20% PPE.

Tabla 129: Resistencia a compresión de concretos al 20 % de PPE. por tiempo de curado

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO AL 20% DE PPE								
CONCRETO AL 20% PPE F'C=210 Kg/cm2								
BRIQUETA N°	EDAD	D. PROMEDI O cm	ALTURA cm	ÁREA BRIQUET A cm2	CARGA APLICAD A kg	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO GENERAL kg/cm2	PROMEDIO CORREGIDO kg/cm2
1	7	15.02	30.07	177.19	23960	135.22	<b>135.22</b>	<b>147.54</b>
2	7	15.06	30.06	178.13	15310	85.95		
3	7	15.13	29.87	179.79	26770	148.90		
4	7	15.30	30.07	183.85	27852	151.49		
5	7	15.35	31.00	185.06	28600	154.54		
1	21	15.80	30.47	196.07	25330	129.19	<b>169.35</b>	<b>196.09</b>
2	21	15.13	30.43	179.79	37220	207.02		
3	21	15.17	30.23	180.74	34770	192.38		
4	21	15.07	30.40	178.37	33690	188.88		
5	21	16.07	30.30	202.83	26220	129.27		
1	28	15.33	30.50	184.58	34600	187.45	<b>192.40</b>	<b>200.15</b>
2	28	14.97	30.97	176.01	39060	221.92		
3	28	14.97	30.13	176.01	37660	213.97		
4	28	15.03	29.97	177.42	31450	177.26		
5	28	15.93	29.93	199.31	30620	153.63		
6	28	15.03	29.97	177.42	35510	200.15		

Tabla 130: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concretos al 20% PPE.

ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO AL 20% PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	147.54	196.09	200.15
VARIANZA	72.74	92.61	337.54
DESVIACION ESTADAR	8.53	9.62	18.37
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	4.14	5.68	7.90
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	2.81%	2.90%	3.95%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO

El análisis estadístico de la resistencia a compresión del concreto AL 20% de PPE. según el cuadro N° 117 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7,21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según

el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control MUY BUENO y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 3.6.6.4 Análisis estadístico de la resistencia a compresión de concretos al 30% PPE.

Tabla 131: Resistencia a compresión de concretos al 30 % de PPE. por tiempo de curado

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO AL 30% DE PPE								
CONCRETO AL 30% PPE F'C=210 Kg/cm2								
BRIQUETA N°	EDAD	D. PROMEDI O cm	ALTURA cm	ÁREA BRIQUET A cm2	CARGA APLICAD A kg	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO GENERAL kg/cm2	PROMEDIO CORREGIDO kg/cm2
1	7	15.02	30.06	177.19	22670	127.94	<b>126.35</b>	<b>126.35</b>
2	7	15.02	30.03	177.19	22560	127.32		
3	7	15.01	30.01	176.95	20560	116.19		
4	7	15.02	30.06	177.19	22780	128.56		
5	7	15.06	30.07	178.13	23470	131.76		
1	21	15.23	30.50	182.18	29270	160.67	<b>136.06</b>	<b>149.18</b>
2	21	15.10	30.27	179.08	14970	83.59		
3	21	15.10	30.13	179.08	26720	149.21		
4	21	15.30	30.63	183.85	24480	133.15		
5	21	15.10	30.00	179.08	27520	153.67		
1	28	15.00	30.20	176.71	29530	167.11	<b>163.25</b>	<b>164.54</b>
2	28	15.30	30.47	183.85	28400	154.47		
3	28	15.23	30.37	182.18	29380	161.27		
4	28	15.33	30.33	184.58	23380	126.67		
5	28	15.43	30.27	186.99	36400	194.66		
6	28	15.33	30.77	184.58	32360	175.32		

Tabla 132: Análisis estadístico de resistencia a compresión de concretos al 30% PPE

ANALISIS ESTADISTICO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO AL 30% PPE			
DESCRIPCION	7 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
PROMEDIO	126.35	149.18	164.54
VARIANZA	35.21	136.38	78.30
DESVIACION ESTADAR	5.93	11.68	8.85
DESVIACION ESTADAR CORREGIDO	2.55	5.67	4.30
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	2.02%	3.80%	2.61%
INTERPRETACION COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

El análisis estadístico de la resistencia a compresión del concreto al 30% de PPE. según el cuadro N° 119 nos indica que los pesos volumétricos de las muestras a los 7,21 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo



valores observados en general son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control MUY BUENO y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

De acuerdo a la definición de concretos estructurales se puede afirmar que los cuadros mostrados para concretos al 10% ,20% de PPE sustituidos al agregado fino son concretos estructurales considerados en concreto armado por que superan los 17 MPa. En Tanto el concreto al 30% de PPE sustituido al agregado fino se puede considerar como concreto estructural dentro los concretos simples.

### 3.6.7 Análisis del ensayo de módulo de elasticidad

Tabla 133: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 01 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO						
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2						
BRIQUETA N°	1		ALTURA (cm)	30.67		
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018		DIAMETRO (cm)	15.45		
FECHA ROTURA	25/05/2018		AREA (cm2)	187.48		
PORCENTAJE	PATRON		RESISTENCIA 100%	190.42		
DIAS CUARADO	7		RESISTENCIA 40%	76.17		

Conversión para la lectura del deformímetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.124	
er=	0.125	
r=	0.235	

d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00
1874.77	10	5	0.00001270	6.37550E-06	2.71E-05
3749.53	20	12	0.00003048	1.53012E-05	6.51E-05
5624.30	30	20.3	0.00005156	2.58845E-05	1.10E-04
7499.06	40	25	0.00006350	3.18775E-05	1.36E-04
9373.83	50	33	0.00008382	4.20783E-05	1.79E-04
11248.59	60	39	0.00009906	4.97289E-05	2.12E-04
13123.36	70	48	0.00012192	6.12048E-05	2.60E-04
14998.12	80	59	0.00014986	7.52309E-05	3.20E-04
16872.89	90	68	0.00017272	8.67068E-05	3.69E-04
18747.65	100	74	0.00018796	9.43574E-05	4.02E-04

Interpolacion de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	76.17
	70		2.60E-04	
	76.17		$\epsilon_2$	
	80		3.20E-04	

entonces

$\epsilon_2 = 2.97E-04$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformación unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

2.71E-05	10
5.00E-05	$S_1$
6.51E-05	20

Entonces

$S_1 = 16.02$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$	16.02	Kg/cm2
$S_2$	76.17	Kg/cm2
$\epsilon_1$	5.00E-05	-
$\epsilon_2$	2.97E-04	-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E = 2.43E+05 \text{ Kg/cm2}$

Tabla 134: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 02 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																													
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																													
BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.33																																																																										
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.43																																																																										
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)	186.99																																																																										
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	158.78																																																																										
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	63.51																																																																										
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254																																																																					
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>eg=</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> </tr> </table>						eg=	0.13	er=	0.125	r=	0.235																																																																		
eg=	0.13																																																																												
er=	0.125																																																																												
r=	0.235																																																																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>d = des. debido a la defor. del espacio.                      r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.                      a = localizacion del deformimetro.                      b = punto de soporte del anillo rotatorio.                      c = localizacion de la barra pivote.                      g = lectura del deformimetro..</p> </div>																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1869.91</td><td>10</td><td>3</td><td>0.00000762</td><td>3.73529E-06</td><td>1.59E-05</td></tr> <tr><td>3739.83</td><td>20</td><td>8</td><td>0.00002032</td><td>9.96078E-06</td><td>4.24E-05</td></tr> <tr><td>5609.74</td><td>30</td><td>13</td><td>0.00003302</td><td>1.61863E-05</td><td>6.89E-05</td></tr> <tr><td>7479.66</td><td>40</td><td>18</td><td>0.00004572</td><td>2.24118E-05</td><td>9.54E-05</td></tr> <tr><td>9349.57</td><td>50</td><td>24</td><td>0.00006096</td><td>2.98824E-05</td><td>1.27E-04</td></tr> <tr><td>11219.49</td><td>60</td><td>37</td><td>0.00009398</td><td>4.60686E-05</td><td>1.96E-04</td></tr> <tr><td>13089.40</td><td>70</td><td>48</td><td>0.00012192</td><td>5.97647E-05</td><td>2.54E-04</td></tr> <tr><td>14959.32</td><td>80</td><td>53</td><td>0.00013462</td><td>6.59902E-05</td><td>2.81E-04</td></tr> <tr><td>16829.23</td><td>90</td><td>61</td><td>0.00015494</td><td>7.59510E-05</td><td>3.23E-04</td></tr> <tr><td>18699.14</td><td>100</td><td>62</td><td>0.00015748</td><td>7.71961E-05</td><td>3.28E-04</td></tr> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1869.91	10	3	0.00000762	3.73529E-06	1.59E-05	3739.83	20	8	0.00002032	9.96078E-06	4.24E-05	5609.74	30	13	0.00003302	1.61863E-05	6.89E-05	7479.66	40	18	0.00004572	2.24118E-05	9.54E-05	9349.57	50	24	0.00006096	2.98824E-05	1.27E-04	11219.49	60	37	0.00009398	4.60686E-05	1.96E-04	13089.40	70	48	0.00012192	5.97647E-05	2.54E-04	14959.32	80	53	0.00013462	6.59902E-05	2.81E-04	16829.23	90	61	0.00015494	7.59510E-05	3.23E-04	18699.14	100	62	0.00015748	7.71961E-05	3.28E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																								
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																								
1869.91	10	3	0.00000762	3.73529E-06	1.59E-05																																																																								
3739.83	20	8	0.00002032	9.96078E-06	4.24E-05																																																																								
5609.74	30	13	0.00003302	1.61863E-05	6.89E-05																																																																								
7479.66	40	18	0.00004572	2.24118E-05	9.54E-05																																																																								
9349.57	50	24	0.00006096	2.98824E-05	1.27E-04																																																																								
11219.49	60	37	0.00009398	4.60686E-05	1.96E-04																																																																								
13089.40	70	48	0.00012192	5.97647E-05	2.54E-04																																																																								
14959.32	80	53	0.00013462	6.59902E-05	2.81E-04																																																																								
16829.23	90	61	0.00015494	7.59510E-05	3.23E-04																																																																								
18699.14	100	62	0.00015748	7.71961E-05	3.28E-04																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</th> </tr> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow S_2</math> 63.51</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td>1.96E-04</td> </tr> <tr> <td>63.51</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td>2.54E-04</td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td>2.17E-04 0.0002</td> </tr> </table>						Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima			Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow S_2$ 63.51	60		1.96E-04	63.51		$\epsilon_2$	70		2.54E-04	entonces	$\epsilon_2 =$	2.17E-04 0.0002																																																						
Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima																																																																													
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow S_2$ 63.51																																																																											
60		1.96E-04																																																																											
63.51		$\epsilon_2$																																																																											
70		2.54E-04																																																																											
entonces	$\epsilon_2 =$	2.17E-04 0.0002																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</th> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.24E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>6.89E-05</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> <td>22.87</td> </tr> </table>						interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria			$\epsilon_1 =$	0.000050		4.24E-05		20	5.00E-05		$S_1$	6.89E-05		30	Entonces	$S_1 =$	22.87																																																						
interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria																																																																													
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																												
4.24E-05		20																																																																											
5.00E-05		$S_1$																																																																											
6.89E-05		30																																																																											
Entonces	$S_1 =$	22.87																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>22.87</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>63.51</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.17E-04</td> <td>-</td> </tr> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	22.87	Kg/cm2	$S_2$	63.51	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.17E-04	-																																																									
DATOS	VALORES	UND.																																																																											
$S_1$	22.87	Kg/cm2																																																																											
$S_2$	63.51	Kg/cm2																																																																											
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																											
$\epsilon_2$	2.17E-04	-																																																																											
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.44E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.44E+05	Kg/cm2																																																																					
<b>E=</b>	2.44E+05	Kg/cm2																																																																											
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																													

Tabla 135: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 04 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																			
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																																			
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	29.97																																																																																
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																																																																																
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)	182.18																																																																																
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	170.22																																																																																
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	68.09																																																																																
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.13		er=	0.13		r=	0.235																																																																			
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																																	
eg=	0.13																																																																																		
er=	0.13																																																																																		
r=	0.235																																																																																		
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>68.09</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.10E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>68.09</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.63E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">entonces</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td>2.53E-04</td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	68.09	60			2.10E-04		68.09			$\epsilon_2$		70			2.63E-04		entonces								$\epsilon_2 =$	2.53E-04																																																
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	68.09																																																																															
60			2.10E-04																																																																																
68.09			$\epsilon_2$																																																																																
70			2.63E-04																																																																																
entonces																																																																																			
			$\epsilon_2 =$	2.53E-04																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1821.75</td><td>10</td><td>5</td><td>0.00001270</td><td>6.31257E-06</td><td>2.69E-05</td></tr> <tr><td>3643.51</td><td>20</td><td>12.5</td><td>0.00003175</td><td>1.57814E-05</td><td>6.72E-05</td></tr> <tr><td>5465.26</td><td>30</td><td>18</td><td>0.00004572</td><td>2.27253E-05</td><td>9.67E-05</td></tr> <tr><td>7287.02</td><td>40</td><td>26.5</td><td>0.00006731</td><td>3.34566E-05</td><td>1.42E-04</td></tr> <tr><td>9108.77</td><td>50</td><td>33.5</td><td>0.00008509</td><td>4.22942E-05</td><td>1.80E-04</td></tr> <tr><td>10930.52</td><td>60</td><td>39</td><td>0.00009906</td><td>4.92381E-05</td><td>2.10E-04</td></tr> <tr><td>12752.28</td><td>70</td><td>49</td><td>0.00012446</td><td>6.18632E-05</td><td>2.63E-04</td></tr> <tr><td>14574.03</td><td>80</td><td>54</td><td>0.00013716</td><td>6.81758E-05</td><td>2.90E-04</td></tr> <tr><td>16395.78</td><td>90</td><td>65</td><td>0.00016510</td><td>8.20635E-05</td><td>3.49E-04</td></tr> <tr><td>18217.54</td><td>100</td><td>72</td><td>0.00018288</td><td>9.09011E-05</td><td>3.87E-04</td></tr> <tr><td>21132.34</td><td>116</td><td>88.3</td><td>0.00022428</td><td>1.11480E-04</td><td>4.74E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1821.75	10	5	0.00001270	6.31257E-06	2.69E-05	3643.51	20	12.5	0.00003175	1.57814E-05	6.72E-05	5465.26	30	18	0.00004572	2.27253E-05	9.67E-05	7287.02	40	26.5	0.00006731	3.34566E-05	1.42E-04	9108.77	50	33.5	0.00008509	4.22942E-05	1.80E-04	10930.52	60	39	0.00009906	4.92381E-05	2.10E-04	12752.28	70	49	0.00012446	6.18632E-05	2.63E-04	14574.03	80	54	0.00013716	6.81758E-05	2.90E-04	16395.78	90	65	0.00016510	8.20635E-05	3.49E-04	18217.54	100	72	0.00018288	9.09011E-05	3.87E-04	21132.34	116	88.3	0.00022428	1.11480E-04	4.74E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																																																																														
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																														
1821.75	10	5	0.00001270	6.31257E-06	2.69E-05																																																																														
3643.51	20	12.5	0.00003175	1.57814E-05	6.72E-05																																																																														
5465.26	30	18	0.00004572	2.27253E-05	9.67E-05																																																																														
7287.02	40	26.5	0.00006731	3.34566E-05	1.42E-04																																																																														
9108.77	50	33.5	0.00008509	4.22942E-05	1.80E-04																																																																														
10930.52	60	39	0.00009906	4.92381E-05	2.10E-04																																																																														
12752.28	70	49	0.00012446	6.18632E-05	2.63E-04																																																																														
14574.03	80	54	0.00013716	6.81758E-05	2.90E-04																																																																														
16395.78	90	65	0.00016510	8.20635E-05	3.49E-04																																																																														
18217.54	100	72	0.00018288	9.09011E-05	3.87E-04																																																																														
21132.34	116	88.3	0.00022428	1.11480E-04	4.74E-04																																																																														
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.69E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>6.72E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Entonces</td> </tr> <tr> <td><math>s_1 =</math></td> <td>15.74</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	2.69E-05	10	5.00E-05	$s_1$	6.72E-05	20	Entonces		$s_1 =$	15.74																																																																		
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																																		
2.69E-05	10																																																																																		
5.00E-05	$s_1$																																																																																		
6.72E-05	20																																																																																		
Entonces																																																																																			
$s_1 =$	15.74																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>15.74</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>68.09</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.53E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	15.74	Kg/cm2	$s_2$	68.09	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.53E-04	-																																																															
DATOS	VALORES	UND.																																																																																	
$s_1$	15.74	Kg/cm2																																																																																	
$s_2$	68.09	Kg/cm2																																																																																	
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																	
$\epsilon_2$	2.53E-04	-																																																																																	
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.58E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.58E+05	Kg/cm2																																																																											
$E =$	2.58E+05	Kg/cm2																																																																																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																			

Tabla 136: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE. N° 05 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	5	ALTURA (cm)	30.3																											
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																											
FECHA ROTURA	25/05/2018	AREA (cm2)	182.18																											
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	163.18																											
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	65.27																											
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.13		er=	0.13		r=	0.235														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.13																													
er=	0.13																													
r=	0.235																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>65.27</td> </tr> <tr> <td></td> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.13E-04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>65.27</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.57E-04</td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="border: 1px solid black;"><math>\epsilon_2 = 2.36E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	65.27		60			2.13E-04		65.27		$\epsilon_2$			70			2.57E-04	entonces	$\epsilon_2 = 2.36E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	65.27																										
	60			2.13E-04																										
	65.27		$\epsilon_2$																											
	70			2.57E-04																										
entonces	$\epsilon_2 = 2.36E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1821.75	10	3	0.00000762	3.81000E-06	1.62E-05																									
3643.51	20	9	0.00002286	1.14300E-05	4.86E-05																									
5465.26	30	15.3	0.00003886	1.94310E-05	8.27E-05																									
7287.02	40	23.5	0.00005969	2.98450E-05	1.27E-04																									
9108.77	50	31	0.00007874	3.93700E-05	1.68E-04																									
10930.52	60	39.5	0.00010033	5.01650E-05	2.13E-04																									
12752.28	70	47.5	0.00012065	6.03250E-05	2.57E-04																									
14574.03	80	58.5	0.00014859	7.42950E-05	3.16E-04																									
16395.78	90	64	0.00016256	8.12800E-05	3.46E-04																									
18217.53817	100	69	0.00017526	8.76300E-05	3.73E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>4.86E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>8.27E-05</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;"><math>S_1 = 20.40</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	4.86E-05		20	5.00E-05		$S_1$	8.27E-05		30	Entonces	$S_1 = 20.40$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
4.86E-05		20																												
5.00E-05		$S_1$																												
8.27E-05		30																												
Entonces	$S_1 = 20.40$																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>20.40</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>65.27</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.36E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	20.40	Kg/cm2	$S_2$	65.27	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.36E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$S_1$	20.40	Kg/cm2																												
$S_2$	65.27	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	2.36E-04	-																												
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<p><b>E= 2.41E+05 Kg/cm2</b></p>																														
<p><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p>																														

Tabla 137: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 04 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.07																											
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.30																											
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	183.85																											
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	151.49																											
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	60.60																											
<p>Conversion para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.128</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.123</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.128		er=	0.123		r=	0.235														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.128																													
er=	0.123																													
r=	0.235																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>60.60</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.12E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60.60</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.60E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 2.15E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	60.60	60			2.12E-04		60.60			$\epsilon_2$		70			2.60E-04		entonces	$\epsilon_2 = 2.15E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	60.60																										
60			2.12E-04																											
60.60			$\epsilon_2$																											
70			2.60E-04																											
entonces	$\epsilon_2 = 2.15E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1838.54	10	5	0.00001270	6.22351E-06	2.65E-05																									
3677.08	20	10	0.00002540	1.24470E-05	5.30E-05																									
5515.62	30	19	0.00004826	2.36493E-05	1.01E-04																									
7354.15	40	24.5	0.00006223	3.04952E-05	1.30E-04																									
9192.69	50	34	0.00008636	4.23198E-05	1.80E-04																									
11031.23	60	40	0.00010160	4.97880E-05	2.12E-04																									
12869.77	70	49	0.00012446	6.09904E-05	2.60E-04																									
14708.31	80	59.5	0.00015113	7.40597E-05	3.15E-04																									
16546.85	90	67	0.00017018	8.33950E-05	3.55E-04																									
18385.39	100	74.5	0.00018923	9.27302E-05	3.95E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.65E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.30E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>S_1 = 18.88</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.65E-05		10	5.00E-05		$S_1$	5.30E-05		20	Entonces	$S_1 = 18.88$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
2.65E-05		10																												
5.00E-05		$S_1$																												
5.30E-05		20																												
Entonces	$S_1 = 18.88$																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>18.88</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>60.60</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.15E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	18.88	Kg/cm2	$S_2$	60.60	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.15E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$S_1$	18.88	Kg/cm2																												
$S_2$	60.60	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	2.15E-04	-																												
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.53E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.53E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.53E+05	Kg/cm2																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																														

Tabla 138: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 20% de PPE. N° 05 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	5	ALTURA (cm)	31.00																											
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.35																											
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	185.06																											
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	154.55																											
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	61.82																											
<p>Conversion para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.126</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.126		er=	0.125		r=	0.235														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.126																													
er=	0.125																													
r=	0.235																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>61.82</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.31E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>61.82</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.85E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 2.41E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	61.82	60			2.31E-04		61.82			$\epsilon_2$		70			2.85E-04		entonces	$\epsilon_2 = 2.41E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	61.82																										
60			2.31E-04																											
61.82			$\epsilon_2$																											
70			2.85E-04																											
entonces	$\epsilon_2 = 2.41E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1850.57	10	5	0.00001270	6.32470E-06	2.69E-05																									
3701.15	20	9.5	0.00002413	1.20169E-05	5.11E-05																									
5551.72	30	17	0.00004318	2.15040E-05	9.15E-05																									
7402.30	40	25	0.00006350	3.16235E-05	1.35E-04																									
9252.87	50	34	0.00008636	4.30080E-05	1.83E-04																									
11103.45	60	43	0.00010922	5.43924E-05	2.31E-04																									
12954.02	70	53	0.00013462	6.70418E-05	2.85E-04																									
14804.60	80	59	0.00014986	7.46315E-05	3.18E-04																									
16655.17	90	67	0.00017018	8.47510E-05	3.61E-04																									
18505.75	100	74	0.00018796	9.36056E-05	3.98E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></td> </tr> <tr> <td>2.69E-05</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.11E-05</td> <td></td> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>s_1 = 19.53</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	$\epsilon_1 = 0.000050$				2.69E-05		10			5.00E-05		$s_1$			5.11E-05		20			Entonces	$s_1 = 19.53$			
$\epsilon_1$	$\epsilon_1 = 0.000050$																													
2.69E-05		10																												
5.00E-05		$s_1$																												
5.11E-05		20																												
Entonces	$s_1 = 19.53$																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>19.53</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>61.82</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.41E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	19.53	Kg/cm2	$s_2$	61.82	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.41E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$s_1$	19.53	Kg/cm2																												
$s_2$	61.82	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	2.41E-04	-																												
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.21E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.21E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.21E+05	Kg/cm2																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																														

Tabla 139: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 02 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																			
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																			
BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.03																																
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.02																																
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	177.19																																
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	127.32																																
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	50.93																																
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	13		er=	13		r=	0.235																			
1linea	0.0001"	0.00000254																																	
eg=	13																																		
er=	13																																		
r=	0.235																																		
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>50.93</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.05E-04</td> </tr> <tr> <td>50.93</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.43E-04</td> </tr> <tr> <td colspan="5">entonces</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 2.09E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	50.93	50				2.05E-04	50.93			$\epsilon_2$		60				2.43E-04	entonces					$\epsilon_2 = 2.09E-04$				
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	50.93																															
50				2.05E-04																															
50.93			$\epsilon_2$																																
60				2.43E-04																															
entonces																																			
$\epsilon_2 = 2.09E-04$																																			
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																														
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																														
1771.86	10	5	0.00001270	6.35000E-06	2.70E-05																														
3543.72	20	14	0.00003556	1.77800E-05	7.57E-05																														
5315.58	30	21	0.00005334	2.66700E-05	1.13E-04																														
7087.45	40	28	0.00007112	3.55600E-05	1.51E-04																														
8859.31	50	38	0.00009652	4.82600E-05	2.05E-04																														
10631.17	60	45	0.00011430	5.71500E-05	2.43E-04																														
12403.03	70	58	0.00014732	7.36600E-05	3.13E-04																														
14174.89	80	70	0.00017780	8.89000E-05	3.78E-04																														
15946.75	90	79.5	0.00020193	1.00965E-04	4.30E-04																														
16230.25	91.6	86	0.00021844	1.09220E-04	4.65E-04																														
17718.61	100	95	0.00024130	1.20650E-04	5.13E-04																														
22623.13	127.68	115	0.00029210	1.46050E-04	6.21E-04																														
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.70E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>7.57E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Entonces</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>s_1 = 14.72</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.70E-05		10	5.00E-05		$s_1$	7.57E-05		20	Entonces			$s_1 = 14.72$														
$\epsilon_1$	=	0.000050																																	
2.70E-05		10																																	
5.00E-05		$s_1$																																	
7.57E-05		20																																	
Entonces																																			
$s_1 = 14.72$																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>14.72</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>50.93</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.09E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	14.72	Kg/cm2	$s_2$	50.93	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.09E-04	-															
DATOS	VALORES	UND.																																	
$s_1$	14.72	Kg/cm2																																	
$s_2$	50.93	Kg/cm2																																	
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																	
$\epsilon_2$	2.09E-04	-																																	
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.28E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.28E+05	Kg/cm2																											
$E =$	2.28E+05	Kg/cm2																																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																			

Tabla 140: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con 30% de PPE. N° 03 a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																							
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																							
BRIQUETA N°	3	ALtura (cm)	30.01																																																																				
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.01																																																																				
FECHA ROTURA	26/05/2018	AREA (cm2)	176.95																																																																				
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	116.24																																																																				
DIAS CUARADO	7	RESISTENCIA 40%	46.50																																																																				
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.233</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.125		er=	0.13		r=	0.233																																																							
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																					
eg=	0.125																																																																						
er=	0.13																																																																						
r=	0.233																																																																						
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>46.50</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td></td> <td></td> <td>1.61E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>46.50</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td>2.17E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td></td> <td>1.97E-04</td> <td></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	46.50	40			1.61E-04		46.50			$\epsilon_2$		50			2.17E-04		entonces	$\epsilon_2 =$		1.97E-04																																										
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	46.50																																																																			
40			1.61E-04																																																																				
46.50			$\epsilon_2$																																																																				
50			2.17E-04																																																																				
entonces	$\epsilon_2 =$		1.97E-04																																																																				
<p>interpolación de la resistencia para las 50 millonesima de la deformación unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.78E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>7.22E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> <td>15.00</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	2.78E-05	10	5.00E-05	$S_1$	7.22E-05	20	Entonces	$S_1 =$	15.00																																																							
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																						
2.78E-05	10																																																																						
5.00E-05	$S_1$																																																																						
7.22E-05	20																																																																						
Entonces	$S_1 =$	15.00																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>15.00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>46.50</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>1.97E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	15.00	Kg/cm2	$S_2$	46.50	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	1.97E-04	-																																																			
DATOS	VALORES	UND.																																																																					
$S_1$	15.00	Kg/cm2																																																																					
$S_2$	46.50	Kg/cm2																																																																					
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																					
$\epsilon_2$	1.97E-04	-																																																																					
<p>Entonces</p> $E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$ <p><b>E= 2.14E+05 Kg/cm2</b></p>																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1769.50</td><td>10</td><td>5</td><td>0.00001270</td><td>6.47451E-06</td><td>2.78E-05</td></tr> <tr><td>3539.01</td><td>20</td><td>13</td><td>0.00003302</td><td>1.68337E-05</td><td>7.22E-05</td></tr> <tr><td>5308.51</td><td>30</td><td>20</td><td>0.00005080</td><td>2.58980E-05</td><td>1.11E-04</td></tr> <tr><td>7078.01</td><td>40</td><td>29</td><td>0.00007366</td><td>3.75522E-05</td><td>1.61E-04</td></tr> <tr><td>8847.51</td><td>50</td><td>39</td><td>0.00009906</td><td>5.05012E-05</td><td>2.17E-04</td></tr> <tr><td>10617.02</td><td>60</td><td>44</td><td>0.00011176</td><td>5.69757E-05</td><td>2.45E-04</td></tr> <tr><td>12386.52</td><td>70</td><td>58</td><td>0.00014732</td><td>7.51043E-05</td><td>3.22E-04</td></tr> <tr><td>14156.02</td><td>80</td><td>71</td><td>0.00018034</td><td>9.19380E-05</td><td>3.95E-04</td></tr> <tr><td>15925.53</td><td>90</td><td>80</td><td>0.00020320</td><td>1.03592E-04</td><td>4.45E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria (e)	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1769.50	10	5	0.00001270	6.47451E-06	2.78E-05	3539.01	20	13	0.00003302	1.68337E-05	7.22E-05	5308.51	30	20	0.00005080	2.58980E-05	1.11E-04	7078.01	40	29	0.00007366	3.75522E-05	1.61E-04	8847.51	50	39	0.00009906	5.05012E-05	2.17E-04	10617.02	60	44	0.00011176	5.69757E-05	2.45E-04	12386.52	70	58	0.00014732	7.51043E-05	3.22E-04	14156.02	80	71	0.00018034	9.19380E-05	3.95E-04	15925.53	90	80	0.00020320	1.03592E-04	4.45E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria (e)																																																																		
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																		
1769.50	10	5	0.00001270	6.47451E-06	2.78E-05																																																																		
3539.01	20	13	0.00003302	1.68337E-05	7.22E-05																																																																		
5308.51	30	20	0.00005080	2.58980E-05	1.11E-04																																																																		
7078.01	40	29	0.00007366	3.75522E-05	1.61E-04																																																																		
8847.51	50	39	0.00009906	5.05012E-05	2.17E-04																																																																		
10617.02	60	44	0.00011176	5.69757E-05	2.45E-04																																																																		
12386.52	70	58	0.00014732	7.51043E-05	3.22E-04																																																																		
14156.02	80	71	0.00018034	9.19380E-05	3.95E-04																																																																		
15925.53	90	80	0.00020320	1.03592E-04	4.45E-04																																																																		

Tabla 141: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																															
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																																															
BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.43																																																																																												
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.33																																																																																												
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)	184.58																																																																																												
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	207.50																																																																																												
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	83.00																																																																																												
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.124</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.129</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.124		er=	0.129		r=	0.234																																																																															
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																																													
eg=	0.124																																																																																														
er=	0.129																																																																																														
r=	0.234																																																																																														
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>83.00</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>2.88E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>83.00</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.32E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 3.01E-04</math></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	83.00	80			2.88E-04		83.00			$\epsilon_2$		90			3.32E-04		entonces	$\epsilon_2 = 3.01E-04$																																																																				
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	83.00																																																																																											
80			2.88E-04																																																																																												
83.00			$\epsilon_2$																																																																																												
90			3.32E-04																																																																																												
entonces	$\epsilon_2 = 3.01E-04$																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1845.76</td><td>10</td><td>5</td><td>0.00001270</td><td>6.47549E-06</td><td>2.77E-05</td></tr> <tr><td>3691.51</td><td>20</td><td>10</td><td>0.00002540</td><td>1.29510E-05</td><td>5.53E-05</td></tr> <tr><td>5537.27</td><td>30</td><td>15</td><td>0.00003810</td><td>1.94265E-05</td><td>8.30E-05</td></tr> <tr><td>7383.02</td><td>40</td><td>23</td><td>0.00005842</td><td>2.97873E-05</td><td>1.27E-04</td></tr> <tr><td>9228.78</td><td>50</td><td>30</td><td>0.00007620</td><td>3.88530E-05</td><td>1.66E-04</td></tr> <tr><td>11074.53</td><td>60</td><td>42</td><td>0.00010668</td><td>5.43942E-05</td><td>2.32E-04</td></tr> <tr><td>12920.29</td><td>70</td><td>48</td><td>0.00012192</td><td>6.21647E-05</td><td>2.66E-04</td></tr> <tr><td>14766.04</td><td>80</td><td>52</td><td>0.00013208</td><td>6.73451E-05</td><td>2.88E-04</td></tr> <tr><td>16611.80</td><td>90</td><td>60</td><td>0.00015240</td><td>7.77059E-05</td><td>3.32E-04</td></tr> <tr><td>18457.56</td><td>100</td><td>70</td><td>0.00017780</td><td>9.06569E-05</td><td>3.87E-04</td></tr> <tr><td>20303.31</td><td>110</td><td>76</td><td>0.00019304</td><td>9.84275E-05</td><td>4.21E-04</td></tr> <tr><td>22149.07</td><td>120</td><td>85</td><td>0.00021590</td><td>1.10083E-04</td><td>4.70E-04</td></tr> <tr><td>25840.58</td><td>140</td><td>92</td><td>0.00023368</td><td>1.19149E-04</td><td>5.09E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1845.76	10	5	0.00001270	6.47549E-06	2.77E-05	3691.51	20	10	0.00002540	1.29510E-05	5.53E-05	5537.27	30	15	0.00003810	1.94265E-05	8.30E-05	7383.02	40	23	0.00005842	2.97873E-05	1.27E-04	9228.78	50	30	0.00007620	3.88530E-05	1.66E-04	11074.53	60	42	0.00010668	5.43942E-05	2.32E-04	12920.29	70	48	0.00012192	6.21647E-05	2.66E-04	14766.04	80	52	0.00013208	6.73451E-05	2.88E-04	16611.80	90	60	0.00015240	7.77059E-05	3.32E-04	18457.56	100	70	0.00017780	9.06569E-05	3.87E-04	20303.31	110	76	0.00019304	9.84275E-05	4.21E-04	22149.07	120	85	0.00021590	1.10083E-04	4.70E-04	25840.58	140	92	0.00023368	1.19149E-04	5.09E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																																																																																										
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																										
1845.76	10	5	0.00001270	6.47549E-06	2.77E-05																																																																																										
3691.51	20	10	0.00002540	1.29510E-05	5.53E-05																																																																																										
5537.27	30	15	0.00003810	1.94265E-05	8.30E-05																																																																																										
7383.02	40	23	0.00005842	2.97873E-05	1.27E-04																																																																																										
9228.78	50	30	0.00007620	3.88530E-05	1.66E-04																																																																																										
11074.53	60	42	0.00010668	5.43942E-05	2.32E-04																																																																																										
12920.29	70	48	0.00012192	6.21647E-05	2.66E-04																																																																																										
14766.04	80	52	0.00013208	6.73451E-05	2.88E-04																																																																																										
16611.80	90	60	0.00015240	7.77059E-05	3.32E-04																																																																																										
18457.56	100	70	0.00017780	9.06569E-05	3.87E-04																																																																																										
20303.31	110	76	0.00019304	9.84275E-05	4.21E-04																																																																																										
22149.07	120	85	0.00021590	1.10083E-04	4.70E-04																																																																																										
25840.58	140	92	0.00023368	1.19149E-04	5.09E-04																																																																																										
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.77E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.53E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><math>s_1 = 18.07</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1 = 0.000050$		2.77E-05	10	5.00E-05	$s_1$	5.53E-05	20	Entonces	$s_1 = 18.07$																																																																																
$\epsilon_1 = 0.000050$																																																																																															
2.77E-05	10																																																																																														
5.00E-05	$s_1$																																																																																														
5.53E-05	20																																																																																														
Entonces	$s_1 = 18.07$																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>18.07</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>83.00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.01E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	18.07	Kg/cm2	$s_2$	83.00	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.01E-04	-																																																																											
DATOS	VALORES	UND.																																																																																													
$s_1$	18.07	Kg/cm2																																																																																													
$s_2$	83.00	Kg/cm2																																																																																													
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																													
$\epsilon_2$	3.01E-04	-																																																																																													
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black;"><math>E = 2.59E+05</math></td> <td style="border: 1px solid black;">Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E = 2.59E+05$	Kg/cm2																																																																																								
$E = 2.59E+05$	Kg/cm2																																																																																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																															

Tabla 142: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																																					
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																																																					
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.33																																																																																																		
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.10																																																																																																		
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)	179.08																																																																																																		
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	192.60																																																																																																		
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	77.04																																																																																																		
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.132</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.132		er=	0.125		r=	0.235																																																																																					
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																																																			
eg=	0.132																																																																																																				
er=	0.125																																																																																																				
r=	0.235																																																																																																				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>d = des. debido a la defor. del espacio.                      r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.                      a = localizacion del deformimetro.                      b = punto de soporte del anillo rotatorio.                      c = localizacion de la barra pivote.                      g = lectura del deformimetro..</p> </div>																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima</th> </tr> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td colspan="2">77.04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>70</td> <td></td> <td>2.31E-04</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>77.04</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>80</td> <td></td> <td>2.94E-04</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="2"></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td colspan="2">2.76E-04</td> </tr> </table>						Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	77.04			70		2.31E-04				77.04		$\epsilon_2$				80		2.94E-04			entonces			$\epsilon_2 =$	2.76E-04																																																													
Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resitencia ultima																																																																																																					
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	77.04																																																																																																	
	70		2.31E-04																																																																																																		
	77.04		$\epsilon_2$																																																																																																		
	80		2.94E-04																																																																																																		
entonces			$\epsilon_2 =$	2.76E-04																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</th> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><math>\epsilon_1 = 0.000050</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.73E-05</td> <td></td> <td>20</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.83E-05</td> <td></td> <td>30</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2"></td> <td><math>s_1</math></td> <td colspan="2">21.28</td> </tr> </table>						interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria						$\epsilon_1 = 0.000050$							4.73E-05		20				5.00E-05		$s_1$				6.83E-05		30			Entonces			$s_1$	21.28																																																													
interpolacion de la resitencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria																																																																																																					
$\epsilon_1 = 0.000050$																																																																																																					
	4.73E-05		20																																																																																																		
	5.00E-05		$s_1$																																																																																																		
	6.83E-05		30																																																																																																		
Entonces			$s_1$	21.28																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>21.28</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>77.04</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.76E-04</td> <td>-</td> </tr> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	21.28	Kg/cm2	$s_2$	77.04	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.76E-04	-																																																																																	
DATOS	VALORES	UND.																																																																																																			
$s_1$	21.28	Kg/cm2																																																																																																			
$s_2$	77.04	Kg/cm2																																																																																																			
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																																			
$\epsilon_2$	2.76E-04	-																																																																																																			
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.47E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.47E+05	Kg/cm2																																																																																													
$E =$	2.47E+05	Kg/cm2																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1790.79</td><td>10</td><td>2</td><td>0.00000508</td><td>2.47082E-06</td><td>1.05E-05</td></tr> <tr><td>3581.57</td><td>20</td><td>9</td><td>0.00002286</td><td>1.11187E-05</td><td>4.73E-05</td></tr> <tr><td>5372.36</td><td>30</td><td>13</td><td>0.00003302</td><td>1.60603E-05</td><td>6.83E-05</td></tr> <tr><td>7163.15</td><td>40</td><td>20</td><td>0.00005080</td><td>2.47082E-05</td><td>1.05E-04</td></tr> <tr><td>8953.93</td><td>50</td><td>25</td><td>0.00006350</td><td>3.08852E-05</td><td>1.31E-04</td></tr> <tr><td>10744.72</td><td>60</td><td>32</td><td>0.00008128</td><td>3.95331E-05</td><td>1.68E-04</td></tr> <tr><td>12535.50</td><td>70</td><td>44</td><td>0.00011176</td><td>5.43580E-05</td><td>2.31E-04</td></tr> <tr><td>14326.29</td><td>80</td><td>56</td><td>0.00014224</td><td>6.91829E-05</td><td>2.94E-04</td></tr> <tr><td>16117.08</td><td>90</td><td>60</td><td>0.00015240</td><td>7.41245E-05</td><td>3.15E-04</td></tr> <tr><td>17907.86</td><td>100</td><td>66</td><td>0.00016764</td><td>8.15370E-05</td><td>3.47E-04</td></tr> <tr><td>19698.65</td><td>110</td><td>71</td><td>0.00018034</td><td>8.77140E-05</td><td>3.73E-04</td></tr> <tr><td>21489.44</td><td>120</td><td>75</td><td>0.00019050</td><td>9.26556E-05</td><td>3.94E-04</td></tr> <tr><td>23280.22</td><td>130</td><td>80</td><td>0.00020320</td><td>9.88327E-05</td><td>4.21E-04</td></tr> <tr><td>25071.01</td><td>140</td><td>98</td><td>0.00024892</td><td>1.21070E-04</td><td>5.15E-04</td></tr> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1790.79	10	2	0.00000508	2.47082E-06	1.05E-05	3581.57	20	9	0.00002286	1.11187E-05	4.73E-05	5372.36	30	13	0.00003302	1.60603E-05	6.83E-05	7163.15	40	20	0.00005080	2.47082E-05	1.05E-04	8953.93	50	25	0.00006350	3.08852E-05	1.31E-04	10744.72	60	32	0.00008128	3.95331E-05	1.68E-04	12535.50	70	44	0.00011176	5.43580E-05	2.31E-04	14326.29	80	56	0.00014224	6.91829E-05	2.94E-04	16117.08	90	60	0.00015240	7.41245E-05	3.15E-04	17907.86	100	66	0.00016764	8.15370E-05	3.47E-04	19698.65	110	71	0.00018034	8.77140E-05	3.73E-04	21489.44	120	75	0.00019050	9.26556E-05	3.94E-04	23280.22	130	80	0.00020320	9.88327E-05	4.21E-04	25071.01	140	98	0.00024892	1.21070E-04	5.15E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																																																
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																																
1790.79	10	2	0.00000508	2.47082E-06	1.05E-05																																																																																																
3581.57	20	9	0.00002286	1.11187E-05	4.73E-05																																																																																																
5372.36	30	13	0.00003302	1.60603E-05	6.83E-05																																																																																																
7163.15	40	20	0.00005080	2.47082E-05	1.05E-04																																																																																																
8953.93	50	25	0.00006350	3.08852E-05	1.31E-04																																																																																																
10744.72	60	32	0.00008128	3.95331E-05	1.68E-04																																																																																																
12535.50	70	44	0.00011176	5.43580E-05	2.31E-04																																																																																																
14326.29	80	56	0.00014224	6.91829E-05	2.94E-04																																																																																																
16117.08	90	60	0.00015240	7.41245E-05	3.15E-04																																																																																																
17907.86	100	66	0.00016764	8.15370E-05	3.47E-04																																																																																																
19698.65	110	71	0.00018034	8.77140E-05	3.73E-04																																																																																																
21489.44	120	75	0.00019050	9.26556E-05	3.94E-04																																																																																																
23280.22	130	80	0.00020320	9.88327E-05	4.21E-04																																																																																																
25071.01	140	98	0.00024892	1.21070E-04	5.15E-04																																																																																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																																					

Tabla 143: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al10% N° 01 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.3																											
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.57																											
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)	190.40																											
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	205.83																											
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	82.33																											
<p>Conversion para la lectura del deformimetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.124</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.122</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.124		er=	0.122		r=	0.235														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.124																													
er=	0.122																													
r=	0.235																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>82.33</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.79E-04</td> </tr> <tr> <td>82.33</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.48E-04</td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4"><math>\epsilon_2 = 2.95E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	82.33	80				2.79E-04	82.33			$\epsilon_2$		90				3.48E-04	entonces	$\epsilon_2 = 2.95E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	82.33																										
80				2.79E-04																										
82.33			$\epsilon_2$																											
90				3.48E-04																										
entonces	$\epsilon_2 = 2.95E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1904.00	10	5	0.00001270	6.29837E-06	2.68E-05																									
3808.00	20	11	0.00002794	1.38564E-05	5.90E-05																									
5712.00	30	14	0.00003556	1.76354E-05	7.50E-05																									
7616.00	40	23.5	0.00005969	2.96024E-05	1.26E-04																									
9520.00	50	31	0.00007874	3.90499E-05	1.66E-04																									
11424.00	60	39.5	0.00010033	4.97572E-05	2.12E-04																									
13328.00	70	47.5	0.00012065	5.98346E-05	2.55E-04																									
15232.01	80	52	0.00013208	6.55031E-05	2.79E-04																									
17136.01	90	65	0.00016510	8.18789E-05	3.48E-04																									
19040.01	100	73	0.00018542	9.19563E-05	3.91E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.68E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.90E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2"><math>s_1 = 17.21</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.68E-05		10	5.00E-05		$s_1$	5.90E-05		20	Entonces	$s_1 = 17.21$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
2.68E-05		10																												
5.00E-05		$s_1$																												
5.90E-05		20																												
Entonces	$s_1 = 17.21$																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>17.21</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>82.33</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.95E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	17.21	Kg/cm2	$s_2$	82.33	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.95E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$s_1$	17.21	Kg/cm2																												
$s_2$	82.33	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	2.95E-04	-																												
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<table border="1"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.66E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.66E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.66E+05	Kg/cm2																												

Tabla 144: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 03 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																													
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																													
BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.00																																																																										
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07																																																																										
FECHA ROTURA	08/06/2018	AREA (cm2)	178.37																																																																										
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	215.12																																																																										
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	86.05																																																																										
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.128</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.128		er=	0.13		r=	0.234																																																													
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																											
eg=	0.128																																																																												
er=	0.13																																																																												
r=	0.234																																																																												
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>86.05</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.84E-04</td> </tr> <tr> <td>86.05</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.31E-04</td> </tr> <tr> <td colspan="5">entonces</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td>3.13E-04</td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	86.05	80				2.84E-04	86.05			$\epsilon_2$		90				3.31E-04	entonces									$\epsilon_2 =$	3.13E-04																																									
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	86.05																																																																									
80				2.84E-04																																																																									
86.05			$\epsilon_2$																																																																										
90				3.31E-04																																																																									
entonces																																																																													
				$\epsilon_2 =$	3.13E-04																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1783.68</td><td>10</td><td>3</td><td>0.00000762</td><td>3.83953E-06</td><td>1.64E-05</td></tr> <tr><td>3567.36</td><td>20</td><td>9</td><td>0.00002286</td><td>1.15186E-05</td><td>4.92E-05</td></tr> <tr><td>5351.03</td><td>30</td><td>15.3</td><td>0.00003886</td><td>1.95816E-05</td><td>8.37E-05</td></tr> <tr><td>7134.71</td><td>40</td><td>23.5</td><td>0.00005969</td><td>3.00764E-05</td><td>1.29E-04</td></tr> <tr><td>8918.39</td><td>50</td><td>31</td><td>0.00007874</td><td>3.96752E-05</td><td>1.70E-04</td></tr> <tr><td>10702.07</td><td>60</td><td>39.5</td><td>0.00010033</td><td>5.05539E-05</td><td>2.16E-04</td></tr> <tr><td>12485.74</td><td>70</td><td>47.5</td><td>0.00012065</td><td>6.07926E-05</td><td>2.60E-04</td></tr> <tr><td>14269.42</td><td>80</td><td>52</td><td>0.00013208</td><td>6.65519E-05</td><td>2.84E-04</td></tr> <tr><td>16053.10</td><td>90</td><td>60.5</td><td>0.00015367</td><td>7.74306E-05</td><td>3.31E-04</td></tr> <tr><td>17836.77714</td><td>100</td><td>67</td><td>0.00017018</td><td>8.57496E-05</td><td>3.66E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1783.68	10	3	0.00000762	3.83953E-06	1.64E-05	3567.36	20	9	0.00002286	1.15186E-05	4.92E-05	5351.03	30	15.3	0.00003886	1.95816E-05	8.37E-05	7134.71	40	23.5	0.00005969	3.00764E-05	1.29E-04	8918.39	50	31	0.00007874	3.96752E-05	1.70E-04	10702.07	60	39.5	0.00010033	5.05539E-05	2.16E-04	12485.74	70	47.5	0.00012065	6.07926E-05	2.60E-04	14269.42	80	52	0.00013208	6.65519E-05	2.84E-04	16053.10	90	60.5	0.00015367	7.74306E-05	3.31E-04	17836.77714	100	67	0.00017018	8.57496E-05	3.66E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																								
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																								
1783.68	10	3	0.00000762	3.83953E-06	1.64E-05																																																																								
3567.36	20	9	0.00002286	1.15186E-05	4.92E-05																																																																								
5351.03	30	15.3	0.00003886	1.95816E-05	8.37E-05																																																																								
7134.71	40	23.5	0.00005969	3.00764E-05	1.29E-04																																																																								
8918.39	50	31	0.00007874	3.96752E-05	1.70E-04																																																																								
10702.07	60	39.5	0.00010033	5.05539E-05	2.16E-04																																																																								
12485.74	70	47.5	0.00012065	6.07926E-05	2.60E-04																																																																								
14269.42	80	52	0.00013208	6.65519E-05	2.84E-04																																																																								
16053.10	90	60.5	0.00015367	7.74306E-05	3.31E-04																																																																								
17836.77714	100	67	0.00017018	8.57496E-05	3.66E-04																																																																								
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>4.92E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>8.37E-05</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Entonces</td> </tr> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>20.22</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	4.92E-05	20	5.00E-05	$s_1$	8.37E-05	30	Entonces		$s_1$	20.22																																																												
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																												
4.92E-05	20																																																																												
5.00E-05	$s_1$																																																																												
8.37E-05	30																																																																												
Entonces																																																																													
$s_1$	20.22																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>20.22</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>86.05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.13E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	20.22	Kg/cm2	$s_2$	86.05	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.13E-04	-																																																									
DATOS	VALORES	UND.																																																																											
$s_1$	20.22	Kg/cm2																																																																											
$s_2$	86.05	Kg/cm2																																																																											
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																											
$\epsilon_2$	3.13E-04	-																																																																											
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.51E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.51E+05	Kg/cm2																																																																					
$E =$	2.51E+05	Kg/cm2																																																																											
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> <p style="text-align: center;">Esfuerzo (kg/cm2)</p> <p style="text-align: center;">Deformación unitaria (cm/cm)</p> </div>																																																																													

Tabla 145: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 02 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																													
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																													
BRIQUETA N°	2	ALTURA (cm)	30.43																																																																										
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.13																																																																										
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	179.79																																																																										
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	206.93																																																																										
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	82.77																																																																										
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.129</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.125		er=	0.129		r=	0.235																																																													
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																											
eg=	0.125																																																																												
er=	0.129																																																																												
r=	0.235																																																																												
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>82.77</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>3.13E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>82.77</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.57E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 3.25E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	82.77	80			3.13E-04		82.77			$\epsilon_2$		90			3.57E-04		entonces	$\epsilon_2 = 3.25E-04$																																																		
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	82.77																																																																									
80			3.13E-04																																																																										
82.77			$\epsilon_2$																																																																										
90			3.57E-04																																																																										
entonces	$\epsilon_2 = 3.25E-04$																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1797.91</td><td>10</td><td>6</td><td>0.00001524</td><td>7.74000E-06</td><td>3.29E-05</td></tr> <tr><td>3595.82</td><td>20</td><td>10</td><td>0.00002540</td><td>1.29000E-05</td><td>5.49E-05</td></tr> <tr><td>5393.73</td><td>30</td><td>16</td><td>0.00004064</td><td>2.06400E-05</td><td>8.78E-05</td></tr> <tr><td>7191.64</td><td>40</td><td>24.5</td><td>0.00006223</td><td>3.16050E-05</td><td>1.34E-04</td></tr> <tr><td>8989.55</td><td>50</td><td>34</td><td>0.00008636</td><td>4.38600E-05</td><td>1.87E-04</td></tr> <tr><td>10787.45</td><td>60</td><td>40</td><td>0.00010160</td><td>5.16000E-05</td><td>2.20E-04</td></tr> <tr><td>12585.36</td><td>70</td><td>49</td><td>0.00012446</td><td>6.32100E-05</td><td>2.69E-04</td></tr> <tr><td>14383.27</td><td>80</td><td>57</td><td>0.00014478</td><td>7.35300E-05</td><td>3.13E-04</td></tr> <tr><td>16181.18</td><td>90</td><td>65</td><td>0.00016510</td><td>8.38500E-05</td><td>3.57E-04</td></tr> <tr><td>17979.09</td><td>100</td><td>74.5</td><td>0.00018923</td><td>9.61050E-05</td><td>4.09E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1797.91	10	6	0.00001524	7.74000E-06	3.29E-05	3595.82	20	10	0.00002540	1.29000E-05	5.49E-05	5393.73	30	16	0.00004064	2.06400E-05	8.78E-05	7191.64	40	24.5	0.00006223	3.16050E-05	1.34E-04	8989.55	50	34	0.00008636	4.38600E-05	1.87E-04	10787.45	60	40	0.00010160	5.16000E-05	2.20E-04	12585.36	70	49	0.00012446	6.32100E-05	2.69E-04	14383.27	80	57	0.00014478	7.35300E-05	3.13E-04	16181.18	90	65	0.00016510	8.38500E-05	3.57E-04	17979.09	100	74.5	0.00018923	9.61050E-05	4.09E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																																																																								
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																								
1797.91	10	6	0.00001524	7.74000E-06	3.29E-05																																																																								
3595.82	20	10	0.00002540	1.29000E-05	5.49E-05																																																																								
5393.73	30	16	0.00004064	2.06400E-05	8.78E-05																																																																								
7191.64	40	24.5	0.00006223	3.16050E-05	1.34E-04																																																																								
8989.55	50	34	0.00008636	4.38600E-05	1.87E-04																																																																								
10787.45	60	40	0.00010160	5.16000E-05	2.20E-04																																																																								
12585.36	70	49	0.00012446	6.32100E-05	2.69E-04																																																																								
14383.27	80	57	0.00014478	7.35300E-05	3.13E-04																																																																								
16181.18	90	65	0.00016510	8.38500E-05	3.57E-04																																																																								
17979.09	100	74.5	0.00018923	9.61050E-05	4.09E-04																																																																								
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>3.29E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.49E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>s_1 = 17.77</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	3.29E-05		10	5.00E-05		$s_1$	5.49E-05		20	Entonces	$s_1 = 17.77$																																																										
$\epsilon_1$	=	0.000050																																																																											
3.29E-05		10																																																																											
5.00E-05		$s_1$																																																																											
5.49E-05		20																																																																											
Entonces	$s_1 = 17.77$																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>17.77</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>82.77</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.25E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	17.77	Kg/cm2	$s_2$	82.77	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.25E-04	-																																																									
DATOS	VALORES	UND.																																																																											
$s_1$	17.77	Kg/cm2																																																																											
$s_2$	82.77	Kg/cm2																																																																											
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																											
$\epsilon_2$	3.25E-04	-																																																																											
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.36E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.36E+05	Kg/cm2																																																																					
<b>E=</b>	2.36E+05	Kg/cm2																																																																											

Tabla 146: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 04 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.4																											
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07																											
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	178.37																											
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	188.88																											
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	75.55																											
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.126</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.128</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.126		er=	0.128		r=	0.235														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.126																													
er=	0.128																													
r=	0.235																													
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>75.55</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.45E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.55</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>2.83E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 2.66E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	75.55	70			2.45E-04		75.55			$\epsilon_2$		80			2.83E-04		entonces	$\epsilon_2 = 2.66E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	75.55																										
70			2.45E-04																											
75.55			$\epsilon_2$																											
80			2.83E-04																											
entonces	$\epsilon_2 = 2.66E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1783.68	10	4.5	0.00001143	5.76000E-06	2.45E-05																									
3567.36	20	10	0.00002540	1.28000E-05	5.45E-05																									
5351.03	30	16	0.00004064	2.04800E-05	8.71E-05																									
7134.71	40	23	0.00005842	2.94400E-05	1.25E-04																									
8918.39	50	29	0.00007366	3.71200E-05	1.58E-04																									
10702.07	60	32	0.00008128	4.09600E-05	1.74E-04																									
12485.74	70	45	0.00011430	5.76000E-05	2.45E-04																									
14269.42	80	52	0.00013208	6.65600E-05	2.83E-04																									
16053.10	90	59	0.00014986	7.55200E-05	3.21E-04																									
17836.77714	100	76	0.00019304	9.72800E-05	4.14E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.45E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.45E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>s_1 = 18.51</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.45E-05		10	5.00E-05		$s_1$	5.45E-05		20	Entonces	$s_1 = 18.51$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
2.45E-05		10																												
5.00E-05		$s_1$																												
5.45E-05		20																												
Entonces	$s_1 = 18.51$																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>18.51</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>75.55</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.66E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	18.51	Kg/cm2	$s_2$	75.55	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.66E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$s_1$	18.51	Kg/cm2																												
$s_2$	75.55	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	2.66E-04	-																												
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.64E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.64E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.64E+05	Kg/cm2																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																														

Tabla 147: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 01 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																									
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																									
BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.5																						
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.23																						
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	182.18																						
PORCENTAJE	30 % DE PPE	RESISTENCIA 100%	160.60																						
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	64.24																						
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.131</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.131		er=	0.125		r=	0.234									
1linea	0.0001"	0.00000254																							
eg=	0.131																								
er=	0.125																								
r=	0.234																								
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>64.24</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td>2.01E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>64.24</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td>2.44E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td>2.19E-04</td> <td></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$S_2$	64.24	60		2.01E-04		64.24		$\epsilon_2$		70		2.44E-04		entonces	$\epsilon_2 =$	2.19E-04	
Interpolando	$\epsilon_2$	$S_2$	64.24																						
60		2.01E-04																							
64.24		$\epsilon_2$																							
70		2.44E-04																							
entonces	$\epsilon_2 =$	2.19E-04																							
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																				
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																				
1821.75	10	4	0.00001016	4.96094E-06	2.12E-05																				
3643.51	20	10	0.00002540	1.24023E-05	5.30E-05																				
5465.26	30	15.5	0.00003937	1.92236E-05	8.22E-05																				
7287.02	40	27	0.00006858	3.34863E-05	1.43E-04																				
9108.77	50	32	0.00008128	3.96875E-05	1.70E-04																				
10930.52	60	38	0.00009652	4.71289E-05	2.01E-04																				
12752.28	70	46	0.00011684	5.70508E-05	2.44E-04																				
14574.03	80	55	0.00013970	6.82129E-05	2.92E-04																				
16395.78	90	75	0.00019050	9.30176E-05	3.98E-04																				
18217.54	100	88	0.00022352	1.09141E-04	4.66E-04																				
20039.29	110	118	0.00029972	1.46348E-04	6.25E-04																				
21861.05	120	130	0.00033020	1.61230E-04	6.89E-04																				
23682.80	130	145	0.00036830	1.79834E-04	7.69E-04																				
25504.55	140	161	0.00040894	1.99678E-04	8.53E-04																				
25504.55	140	175	0.00044450	2.17041E-04	9.28E-04																				
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.12E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.30E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>19.06</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	2.12E-05	10	5.00E-05	$S_1$	5.30E-05	20	Entonces	$S_1 =$		19.06								
$\epsilon_1 =$	0.000050																								
2.12E-05	10																								
5.00E-05	$S_1$																								
5.30E-05	20																								
Entonces	$S_1 =$																								
	19.06																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>19.06</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>64.24</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.19E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	19.06	Kg/cm2	$S_2$	64.24	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.19E-04	-					
DATOS	VALORES	UND.																							
$S_1$	19.06	Kg/cm2																							
$S_2$	64.24	Kg/cm2																							
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																							
$\epsilon_2$	2.19E-04	-																							
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																									
<table border="1"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.67E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.67E+05	Kg/cm2																	
$E =$	2.67E+05	Kg/cm2																							

Tabla 148: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 05 a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																																					
CONCRETO AL 30 % DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																																																					
BRIQUETA N°	5	ALtura (cm)	30																																																																																																		
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.10																																																																																																		
FECHA ROTURA	09/06/2018	AREA (cm2)	179.08																																																																																																		
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	153.68																																																																																																		
DIAS CUARADO	21	RESISTENCIA 40%	61.47																																																																																																		
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.129</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.128</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.129		er=	0.128		r=	0.234																																																																																					
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																																			
eg=	0.129																																																																																																				
er=	0.128																																																																																																				
r=	0.234																																																																																																				
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia última</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>61.47</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.43E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>61.47</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>3.30E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="2"></td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td>2.56E-04</td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	61.47	60			2.43E-04		61.47			$\epsilon_2$		70			3.30E-04		entonces			$\epsilon_2 =$	2.56E-04																																																																							
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	61.47																																																																																																	
60			2.43E-04																																																																																																		
61.47			$\epsilon_2$																																																																																																		
70			3.30E-04																																																																																																		
entonces			$\epsilon_2 =$	2.56E-04																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "líneas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1790.79</td><td>10</td><td>5</td><td>0.00001270</td><td>6.32529E-06</td><td>2.70E-05</td></tr> <tr><td>3581.57</td><td>20</td><td>11.2</td><td>0.00002845</td><td>1.41687E-05</td><td>6.05E-05</td></tr> <tr><td>5372.36</td><td>30</td><td>17</td><td>0.00004318</td><td>2.15060E-05</td><td>9.19E-05</td></tr> <tr><td>7163.15</td><td>40</td><td>29</td><td>0.00007366</td><td>3.66867E-05</td><td>1.57E-04</td></tr> <tr><td>8953.93</td><td>50</td><td>39</td><td>0.00009906</td><td>4.93373E-05</td><td>2.11E-04</td></tr> <tr><td>10744.72</td><td>60</td><td>45</td><td>0.00011430</td><td>5.69276E-05</td><td>2.43E-04</td></tr> <tr><td>12535.50</td><td>70</td><td>61</td><td>0.00015494</td><td>7.71686E-05</td><td>3.30E-04</td></tr> <tr><td>14326.29</td><td>80</td><td>67</td><td>0.00017018</td><td>8.47589E-05</td><td>3.62E-04</td></tr> <tr><td>16117.08</td><td>90</td><td>78</td><td>0.00019812</td><td>9.86746E-05</td><td>4.22E-04</td></tr> <tr><td>17907.86</td><td>100</td><td>91</td><td>0.00023114</td><td>1.15120E-04</td><td>4.92E-04</td></tr> <tr><td>19698.65</td><td>110</td><td>105</td><td>0.00026670</td><td>1.32831E-04</td><td>5.68E-04</td></tr> <tr><td>21489.44</td><td>120</td><td>125</td><td>0.00031750</td><td>1.58132E-04</td><td>6.76E-04</td></tr> <tr><td>23280.22</td><td>130</td><td>139</td><td>0.00035306</td><td>1.75843E-04</td><td>7.51E-04</td></tr> <tr><td>25071.01</td><td>140</td><td>157</td><td>0.00039878</td><td>1.98614E-04</td><td>8.49E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "líneas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria (e)	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1790.79	10	5	0.00001270	6.32529E-06	2.70E-05	3581.57	20	11.2	0.00002845	1.41687E-05	6.05E-05	5372.36	30	17	0.00004318	2.15060E-05	9.19E-05	7163.15	40	29	0.00007366	3.66867E-05	1.57E-04	8953.93	50	39	0.00009906	4.93373E-05	2.11E-04	10744.72	60	45	0.00011430	5.69276E-05	2.43E-04	12535.50	70	61	0.00015494	7.71686E-05	3.30E-04	14326.29	80	67	0.00017018	8.47589E-05	3.62E-04	16117.08	90	78	0.00019812	9.86746E-05	4.22E-04	17907.86	100	91	0.00023114	1.15120E-04	4.92E-04	19698.65	110	105	0.00026670	1.32831E-04	5.68E-04	21489.44	120	125	0.00031750	1.58132E-04	6.76E-04	23280.22	130	139	0.00035306	1.75843E-04	7.51E-04	25071.01	140	157	0.00039878	1.98614E-04	8.49E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "líneas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria (e)																																																																																																
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																																
1790.79	10	5	0.00001270	6.32529E-06	2.70E-05																																																																																																
3581.57	20	11.2	0.00002845	1.41687E-05	6.05E-05																																																																																																
5372.36	30	17	0.00004318	2.15060E-05	9.19E-05																																																																																																
7163.15	40	29	0.00007366	3.66867E-05	1.57E-04																																																																																																
8953.93	50	39	0.00009906	4.93373E-05	2.11E-04																																																																																																
10744.72	60	45	0.00011430	5.69276E-05	2.43E-04																																																																																																
12535.50	70	61	0.00015494	7.71686E-05	3.30E-04																																																																																																
14326.29	80	67	0.00017018	8.47589E-05	3.62E-04																																																																																																
16117.08	90	78	0.00019812	9.86746E-05	4.22E-04																																																																																																
17907.86	100	91	0.00023114	1.15120E-04	4.92E-04																																																																																																
19698.65	110	105	0.00026670	1.32831E-04	5.68E-04																																																																																																
21489.44	120	125	0.00031750	1.58132E-04	6.76E-04																																																																																																
23280.22	130	139	0.00035306	1.75843E-04	7.51E-04																																																																																																
25071.01	140	157	0.00039878	1.98614E-04	8.49E-04																																																																																																
<p>interpolación de la resistencia para las 50 millonesima de la deformación unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.70E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>6.05E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> <td>16.85</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	2.70E-05	10	5.00E-05	$S_1$	6.05E-05	20	Entonces	$S_1 =$	16.85																																																																																					
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																																																				
2.70E-05	10																																																																																																				
5.00E-05	$S_1$																																																																																																				
6.05E-05	20																																																																																																				
Entonces	$S_1 =$	16.85																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>16.85</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>61.47</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.56E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	16.85	Kg/cm2	$S_2$	61.47	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.56E-04	-																																																																																	
DATOS	VALORES	UND.																																																																																																			
$S_1$	16.85	Kg/cm2																																																																																																			
$S_2$	61.47	Kg/cm2																																																																																																			
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																																			
$\epsilon_2$	2.56E-04	-																																																																																																			
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.17E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.17E+05	Kg/cm2																																																																																													
$E =$	2.17E+05	Kg/cm2																																																																																																			
<p>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</p>																																																																																																					

Tabla 149: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 03 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																															
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																																																																																															
BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.00																																																																																												
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	14.98																																																																																												
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	176.24																																																																																												
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	218.40																																																																																												
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	87.36																																																																																												
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td colspan="3">eg= 0.125</td> </tr> <tr> <td colspan="3">er= 0.124</td> </tr> <tr> <td colspan="3">r= 0.236</td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg= 0.125			er= 0.124			r= 0.236																																																																																
1linea	0.0001"	0.00000254																																																																																													
eg= 0.125																																																																																															
er= 0.124																																																																																															
r= 0.236																																																																																															
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia última</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>87.36</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>2.57E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>87.36</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.16E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 =</math></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3.01E-04</td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	87.36	80			2.57E-04		87.36			$\epsilon_2$		90			3.16E-04		entonces	$\epsilon_2 =$		3.01E-04																																																																		
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	87.36																																																																																											
80			2.57E-04																																																																																												
87.36			$\epsilon_2$																																																																																												
90			3.16E-04																																																																																												
entonces	$\epsilon_2 =$		3.01E-04																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1762.44</td><td>10</td><td>4</td><td>0.00001016</td><td>5.05960E-06</td><td>2.14E-05</td></tr> <tr><td>3524.87</td><td>20</td><td>10</td><td>0.00002540</td><td>1.26490E-05</td><td>5.36E-05</td></tr> <tr><td>5287.31</td><td>30</td><td>16</td><td>0.00004064</td><td>2.02384E-05</td><td>8.58E-05</td></tr> <tr><td>7049.75</td><td>40</td><td>23</td><td>0.00005842</td><td>2.90927E-05</td><td>1.23E-04</td></tr> <tr><td>8812.18</td><td>50</td><td>29</td><td>0.00007366</td><td>3.66821E-05</td><td>1.55E-04</td></tr> <tr><td>10574.62</td><td>60</td><td>36</td><td>0.00009144</td><td>4.55364E-05</td><td>1.93E-04</td></tr> <tr><td>12337.06</td><td>70</td><td>41</td><td>0.00010414</td><td>5.18609E-05</td><td>2.20E-04</td></tr> <tr><td>14099.49</td><td>80</td><td>48</td><td>0.00012192</td><td>6.07152E-05</td><td>2.57E-04</td></tr> <tr><td>15861.93</td><td>90</td><td>59</td><td>0.00014986</td><td>7.46291E-05</td><td>3.16E-04</td></tr> <tr><td>17624.37</td><td>100</td><td>66</td><td>0.00016764</td><td>8.34834E-05</td><td>3.54E-04</td></tr> <tr><td>19386.80</td><td>110</td><td>74</td><td>0.00018796</td><td>9.36026E-05</td><td>3.97E-04</td></tr> <tr><td>21149.24</td><td>120</td><td>80</td><td>0.00020320</td><td>1.01192E-04</td><td>4.29E-04</td></tr> <tr><td>24674.11</td><td>140</td><td>85</td><td>0.00021590</td><td>1.07516E-04</td><td>4.56E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1762.44	10	4	0.00001016	5.05960E-06	2.14E-05	3524.87	20	10	0.00002540	1.26490E-05	5.36E-05	5287.31	30	16	0.00004064	2.02384E-05	8.58E-05	7049.75	40	23	0.00005842	2.90927E-05	1.23E-04	8812.18	50	29	0.00007366	3.66821E-05	1.55E-04	10574.62	60	36	0.00009144	4.55364E-05	1.93E-04	12337.06	70	41	0.00010414	5.18609E-05	2.20E-04	14099.49	80	48	0.00012192	6.07152E-05	2.57E-04	15861.93	90	59	0.00014986	7.46291E-05	3.16E-04	17624.37	100	66	0.00016764	8.34834E-05	3.54E-04	19386.80	110	74	0.00018796	9.36026E-05	3.97E-04	21149.24	120	80	0.00020320	1.01192E-04	4.29E-04	24674.11	140	85	0.00021590	1.07516E-04	4.56E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																																																																																										
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																										
1762.44	10	4	0.00001016	5.05960E-06	2.14E-05																																																																																										
3524.87	20	10	0.00002540	1.26490E-05	5.36E-05																																																																																										
5287.31	30	16	0.00004064	2.02384E-05	8.58E-05																																																																																										
7049.75	40	23	0.00005842	2.90927E-05	1.23E-04																																																																																										
8812.18	50	29	0.00007366	3.66821E-05	1.55E-04																																																																																										
10574.62	60	36	0.00009144	4.55364E-05	1.93E-04																																																																																										
12337.06	70	41	0.00010414	5.18609E-05	2.20E-04																																																																																										
14099.49	80	48	0.00012192	6.07152E-05	2.57E-04																																																																																										
15861.93	90	59	0.00014986	7.46291E-05	3.16E-04																																																																																										
17624.37	100	66	0.00016764	8.34834E-05	3.54E-04																																																																																										
19386.80	110	74	0.00018796	9.36026E-05	3.97E-04																																																																																										
21149.24	120	80	0.00020320	1.01192E-04	4.29E-04																																																																																										
24674.11	140	85	0.00021590	1.07516E-04	4.56E-04																																																																																										
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.14E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.36E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td style="text-align: center;"><math>S_1 =</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">18.88</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	2.14E-05	10	5.00E-05	$S_1$	5.36E-05	20	Entonces	$S_1 =$		18.88																																																																														
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																																														
2.14E-05	10																																																																																														
5.00E-05	$S_1$																																																																																														
5.36E-05	20																																																																																														
Entonces	$S_1 =$																																																																																														
	18.88																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>18.88</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>87.36</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.01E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	18.88	Kg/cm2	$S_2$	87.36	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.01E-04	-																																																																											
DATOS	VALORES	UND.																																																																																													
$S_1$	18.88	Kg/cm2																																																																																													
$S_2$	87.36	Kg/cm2																																																																																													
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																													
$\epsilon_2$	3.01E-04	-																																																																																													
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.73E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.73E+05	Kg/cm2																																																																																							
$E =$	2.73E+05	Kg/cm2																																																																																													

Tabla 150: Análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón N° 04 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO PATRON F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	4	ALTURA (cm)	30.60																											
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.40																											
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	186.27																											
PORCENTAJE	PATRON	RESISTENCIA 100%	204.60																											
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	81.84																											
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.124</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.124		er=	0.13		r=	0.234														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.124																													
er=	0.13																													
r=	0.234																													
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>s_2</math></td> <td>81.84</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>3.06E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>81.84</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.33E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 3.11E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	81.84	80			3.06E-04		81.84			$\epsilon_2$		90			3.33E-04		entonces	$\epsilon_2 = 3.11E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$s_2$	81.84																										
80			3.06E-04																											
81.84			$\epsilon_2$																											
90			3.33E-04																											
entonces	$\epsilon_2 = 3.11E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1396.99	7.5	5	0.00001270	6.50000E-06	2.78E-05																									
1862.65	10	9	0.00002286	1.17000E-05	5.00E-05																									
3725.30	20	14	0.00003556	1.82000E-05	7.78E-05																									
5587.95	30	18	0.00004572	2.34000E-05	1.00E-04																									
7450.60	40	22.5	0.00005715	2.92500E-05	1.25E-04																									
9313.25	50	28	0.00007112	3.64000E-05	1.56E-04																									
11175.90	60	36	0.00009144	4.68000E-05	2.00E-04																									
13038.55	70	48	0.00012192	6.24000E-05	2.67E-04																									
14901.20	80	55	0.00013970	7.15000E-05	3.06E-04																									
16763.85	90	60	0.00015240	7.80000E-05	3.33E-04																									
18626.50	100	63	0.00016002	8.19000E-05	3.50E-04																									
20489.15	110	71	0.00018034	9.23000E-05	3.94E-04																									
22351.80	120	78	0.00019812	1.01400E-04	4.33E-04																									
24214.45	130	89	0.00022606	1.15700E-04	4.94E-04																									
26077.10	140	94	0.00023876	1.22200E-04	5.22E-04																									
27939.75	150	104	0.00026416	1.35200E-04	5.78E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.78E-05</td> <td></td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>s_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>s_1 = 10.00</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.78E-05		7.5	5.00E-05		$s_1$	5.00E-05		10	Entonces	$s_1 = 10.00$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
2.78E-05		7.5																												
5.00E-05		$s_1$																												
5.00E-05		10																												
Entonces	$s_1 = 10.00$																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>s_1</math></td> <td>10.00</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>s_2</math></td> <td>81.84</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.11E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$s_1$	10.00	Kg/cm2	$s_2$	81.84	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.11E-04	-										
DATOS	VALORES	UND.																												
$s_1$	10.00	Kg/cm2																												
$s_2$	81.84	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																												
$\epsilon_2$	3.11E-04	-																												
$E = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{81.84 - 10.00}{3.11E-04 - 5.00E-05}$																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.76E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.76E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.76E+05	Kg/cm2																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																														

Tabla 151: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 01 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	29.9
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.03
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	177.42
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	216.83
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	86.73

Conversion para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
--------	---------	------------

eg=	0.126
er=	0.125
r=	0.234

Barra Pivote =

d = des. debido a la defor. del espacio.  
r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
a = localizacion del deformimetro.  
b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
c = localizacion de la barra pivote.  
g = lectura del deformimetro..

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00
1774.22	10	6	0.00001524	7.58964E-06	3.24E-05
3548.44	20	9.8	0.00002489	1.23964E-05	5.30E-05
5322.66	30	16	0.00004064	2.02390E-05	8.65E-05
7096.89	40	23	0.00005842	2.90936E-05	1.24E-04
8871.11	50	29	0.00007366	3.66833E-05	1.57E-04
10645.33	60	36	0.00009144	4.55378E-05	1.95E-04
12419.55	70	41	0.00010414	5.18625E-05	2.22E-04
14193.77	80	52	0.00013208	6.57769E-05	2.81E-04
15967.99	90	57	0.00014478	7.21016E-05	3.08E-04
17742.22	100	66	0.00016764	8.34861E-05	3.57E-04

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	86.73
	80		2.81E-04	
	86.73		$\epsilon_2$	
	90		3.08E-04	

entonces  $\epsilon_2 = 2.99E-04$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

3.24E-05	10
5.00E-05	$S_1$
5.30E-05	20

Entonces  $S_1 = 18.55$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$	18.55	Kg/cm2
$S_2$	86.73	Kg/cm2
$\epsilon_1$	5.00E-05	-
$\epsilon_2$	2.99E-04	-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E = 2.73E+05 \text{ Kg/cm}^2$

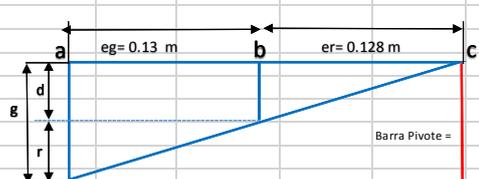
Tabla 152: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 10% N° 06 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																															
CONCRETO AL 10% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																																															
BRIQUETA N°	6	ALTURA (cm)	30.17																																																																																												
FECHA DE FABRIC.	18/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.07																																																																																												
FECHA ROTURA	15/06/2018	AREA (cm2)	178.37																																																																																												
PORCENTAJE	10% DE PPE	RESISTENCIA 100%	222.57																																																																																												
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	89.03																																																																																												
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg =</td> <td>0.127</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er =</td> <td>0.123</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r =</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg =	0.127		er =	0.123		r =	0.234																																																																															
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																													
eg =	0.127																																																																																														
er =	0.123																																																																																														
r =	0.234																																																																																														
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>89.03</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>2.62E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>89.03</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.04E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 3.00E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	89.03	80			2.62E-04		89.03			$\epsilon_2$		90			3.04E-04		entonces	$\epsilon_2 = 3.00E-04$																																																																				
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	89.03																																																																																											
80			2.62E-04																																																																																												
89.03			$\epsilon_2$																																																																																												
90			3.04E-04																																																																																												
entonces	$\epsilon_2 = 3.00E-04$																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformimetro en "lineas"</th> <th>Lectura del Deformimetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformacion unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1783.68</td><td>10</td><td>4</td><td>0.00001016</td><td>4.99872E-06</td><td>2.14E-05</td></tr> <tr><td>3567.36</td><td>20</td><td>11</td><td>0.00002794</td><td>1.37465E-05</td><td>5.87E-05</td></tr> <tr><td>5351.03</td><td>30</td><td>14</td><td>0.00003556</td><td>1.74955E-05</td><td>7.48E-05</td></tr> <tr><td>7134.71</td><td>40</td><td>19</td><td>0.00004826</td><td>2.37439E-05</td><td>1.01E-04</td></tr> <tr><td>8918.39</td><td>50</td><td>27</td><td>0.00006858</td><td>3.37414E-05</td><td>1.44E-04</td></tr> <tr><td>10702.07</td><td>60</td><td>33</td><td>0.00008382</td><td>4.12394E-05</td><td>1.76E-04</td></tr> <tr><td>12485.74</td><td>70</td><td>42</td><td>0.00010668</td><td>5.24866E-05</td><td>2.24E-04</td></tr> <tr><td>14269.42</td><td>80</td><td>49</td><td>0.00012446</td><td>6.12343E-05</td><td>2.62E-04</td></tr> <tr><td>16053.10</td><td>90</td><td>57</td><td>0.00014478</td><td>7.12318E-05</td><td>3.04E-04</td></tr> <tr><td>17836.78</td><td>100</td><td>62</td><td>0.00015748</td><td>7.74802E-05</td><td>3.31E-04</td></tr> <tr><td>19620.45</td><td>110</td><td>69</td><td>0.00017526</td><td>8.62279E-05</td><td>3.68E-04</td></tr> <tr><td>21404.13</td><td>120</td><td>76</td><td>0.00019304</td><td>9.49757E-05</td><td>4.06E-04</td></tr> <tr><td>23187.81</td><td>130</td><td>84</td><td>0.00021336</td><td>1.04973E-04</td><td>4.49E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1783.68	10	4	0.00001016	4.99872E-06	2.14E-05	3567.36	20	11	0.00002794	1.37465E-05	5.87E-05	5351.03	30	14	0.00003556	1.74955E-05	7.48E-05	7134.71	40	19	0.00004826	2.37439E-05	1.01E-04	8918.39	50	27	0.00006858	3.37414E-05	1.44E-04	10702.07	60	33	0.00008382	4.12394E-05	1.76E-04	12485.74	70	42	0.00010668	5.24866E-05	2.24E-04	14269.42	80	49	0.00012446	6.12343E-05	2.62E-04	16053.10	90	57	0.00014478	7.12318E-05	3.04E-04	17836.78	100	62	0.00015748	7.74802E-05	3.31E-04	19620.45	110	69	0.00017526	8.62279E-05	3.68E-04	21404.13	120	76	0.00019304	9.49757E-05	4.06E-04	23187.81	130	84	0.00021336	1.04973E-04	4.49E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																																																																																										
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																										
1783.68	10	4	0.00001016	4.99872E-06	2.14E-05																																																																																										
3567.36	20	11	0.00002794	1.37465E-05	5.87E-05																																																																																										
5351.03	30	14	0.00003556	1.74955E-05	7.48E-05																																																																																										
7134.71	40	19	0.00004826	2.37439E-05	1.01E-04																																																																																										
8918.39	50	27	0.00006858	3.37414E-05	1.44E-04																																																																																										
10702.07	60	33	0.00008382	4.12394E-05	1.76E-04																																																																																										
12485.74	70	42	0.00010668	5.24866E-05	2.24E-04																																																																																										
14269.42	80	49	0.00012446	6.12343E-05	2.62E-04																																																																																										
16053.10	90	57	0.00014478	7.12318E-05	3.04E-04																																																																																										
17836.78	100	62	0.00015748	7.74802E-05	3.31E-04																																																																																										
19620.45	110	69	0.00017526	8.62279E-05	3.68E-04																																																																																										
21404.13	120	76	0.00019304	9.49757E-05	4.06E-04																																																																																										
23187.81	130	84	0.00021336	1.04973E-04	4.49E-04																																																																																										
<p>interpolación de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>2.14E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>5.87E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>S_1 = 17.66</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	2.14E-05		10	5.00E-05		$S_1$	5.87E-05		20	Entonces	$S_1 = 17.66$																																																																												
$\epsilon_1$	=	0.000050																																																																																													
2.14E-05		10																																																																																													
5.00E-05		$S_1$																																																																																													
5.87E-05		20																																																																																													
Entonces	$S_1 = 17.66$																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>17.66</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>89.03</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>3.00E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	17.66	Kg/cm2	$S_2$	89.03	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	3.00E-04	-																																																																											
DATOS	VALORES	UND.																																																																																													
$S_1$	17.66	Kg/cm2																																																																																													
$S_2$	89.03	Kg/cm2																																																																																													
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																													
$\epsilon_2$	3.00E-04	-																																																																																													
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.85E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.85E+05	Kg/cm2																																																																																							
$E =$	2.85E+05	Kg/cm2																																																																																													
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESFUERZO &amp; DEFORMACIÓN UNITARIA</b></p> </div>																																																																																															

Tabla 153: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 02 a los 28 días

**MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO**  
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2

<b>BRIQUETA N°</b>	2	<b>ALTURA (cm)</b>	30.97
<b>FECHA DE FABRIC.</b>	19/05/2018	<b>DIAMETRO (cm)</b>	14.97
<b>FECHA ROTURA</b>	16/06/2018	<b>AREA (cm2)</b>	176.01
<b>PORCENTAJE</b>	20% DE PPE	<b>RESISTENCIA 100%</b>	221.92
<b>DIAS CUARADO</b>	28	<b>RESISTENCIA 40%</b>	88.77



d = des. debido a la defor. del espacio.  
 r = des. debido a la rotacion del anillo al rededor de la barra del pivote.  
 a = localizacion del deformimetro.  
 b = punto de soporte del anillo rotatorio.  
 c = localizacion de la barra pivote.  
 g = lectura del deformimetro..

Conversión para la lectura del deformimetro

1linea	0.0001"	0.00000254
eg=	0.13	
er=	0.128	
r=	0.234	

Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00
1760.08	10	5	0.00001270	6.30078E-06	2.69E-05
3520.17	20	10	0.00002540	1.26016E-05	5.39E-05
5280.25	30	17	0.00004318	2.14226E-05	9.15E-05
7040.34	40	25	0.00006350	3.15039E-05	1.35E-04
8800.42	50	32	0.00008128	4.03250E-05	1.72E-04
10560.51	60	37	0.00009398	4.66257E-05	1.99E-04
12320.59	70	45	0.00011430	5.67070E-05	2.42E-04
14080.67	80	53	0.00013462	6.67882E-05	2.85E-04
15840.76	90	60	0.00015240	7.56093E-05	3.23E-04
17600.84	100	76	0.00019304	9.57718E-05	4.09E-04
19360.93	110	88	0.00022352	1.10894E-04	4.74E-04
21121.01	120	97	0.00024638	1.22235E-04	5.22E-04
22881.10	130	112	0.00028448	1.41137E-04	6.03E-04
24641.18	140	123	0.00031242	1.54999E-04	6.62E-04

Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima

Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$ 88.77
80			2.85E-04
88.77			$\epsilon_2$
90			3.23E-04

entonces

$\epsilon_2 = 3.18E-04$

interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria

$\epsilon_1 = 0.000050$

2.69E-05	10
5.00E-05	$S_1$
5.39E-05	20

Entonces

$S_1 = 18.57$

DATOS	VALORES	UND.
$S_1$	18.57	Kg/cm2
$S_2$	88.77	Kg/cm2
$\epsilon_1$	5.00E-05	-
$\epsilon_2$	3.18E-04	-

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$E = 2.61E+05 \text{ Kg/cm2}$

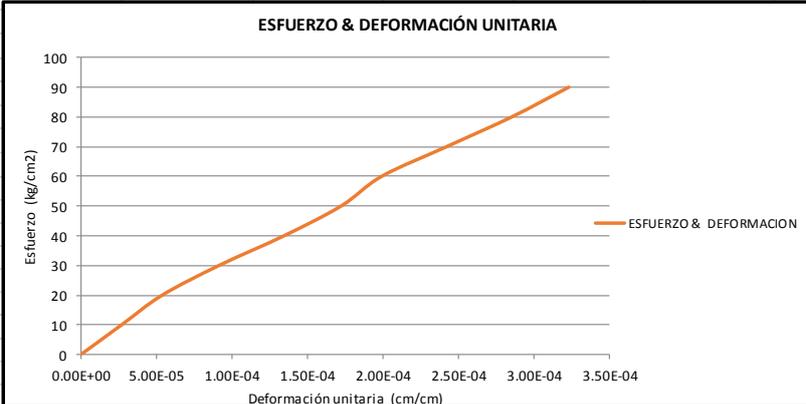


Tabla 154: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 20% N° 03 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																														
CONCRETO AL 20% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																														
BRIQUETA N°	3	ALTURA (cm)	30.13																											
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	14.97																											
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	176.01																											
PORCENTAJE	20% DE PPE	RESISTENCIA 100%	213.97																											
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	85.59																											
<p>Conversion para la lectura del deformimetro</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.123</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.123		er=	0.125		r=	0.234														
1linea	0.0001"	0.00000254																												
eg=	0.123																													
er=	0.125																													
r=	0.234																													
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>85.59</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td></td> <td>2.63E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>85.59</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td>3.17E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>\epsilon_2 = 2.93E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	85.59	80			2.63E-04		85.59			$\epsilon_2$		90			3.17E-04		entonces	$\epsilon_2 = 2.93E-04$			
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	85.59																										
80			2.63E-04																											
85.59			$\epsilon_2$																											
90			3.17E-04																											
entonces	$\epsilon_2 = 2.93E-04$																													
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																									
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																									
1760.08	10	6	0.00001524	7.68145E-06	3.28E-05																									
3520.17	20	11	0.00002794	1.40827E-05	6.02E-05																									
5280.25	30	14	0.00003556	1.79234E-05	7.66E-05																									
7040.34	40	21	0.00005334	2.68851E-05	1.15E-04																									
8800.42	50	26	0.00006604	3.32863E-05	1.42E-04																									
10560.51	60	32	0.00008128	4.09677E-05	1.75E-04																									
12320.59	70	37	0.00009398	4.73690E-05	2.02E-04																									
14080.67	80	48	0.00012192	6.14516E-05	2.63E-04																									
15840.76	90	58	0.00014732	7.42540E-05	3.17E-04																									
17600.84	100	63	0.00016002	8.06552E-05	3.45E-04																									
19360.93	110	66	0.00016764	8.44960E-05	3.61E-04																									
21121.01	120	72	0.00018288	9.21774E-05	3.94E-04																									
22881.10	130	79	0.00020066	1.01139E-04	4.32E-04																									
24641.18	140	88	0.00022352	1.12661E-04	4.81E-04																									
26401.27	150	103	0.00026162	1.31865E-04	5.64E-04																									
28161.35	160	102	0.00025908	1.30585E-04	5.58E-04																									
29921.43	170	120	0.00030480	1.53629E-04	6.57E-04																									
31681.52	180	135	0.00034290	1.72833E-04	7.39E-04																									
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>=</td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>3.28E-05</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td></td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>6.02E-05</td> <td></td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>S_1 = 16.28</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	=	0.000050	3.28E-05		10	5.00E-05		$S_1$	6.02E-05		20	Entonces	$S_1 = 16.28$											
$\epsilon_1$	=	0.000050																												
3.28E-05		10																												
5.00E-05		$S_1$																												
6.02E-05		20																												
Entonces	$S_1 = 16.28$																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>16.28</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>85.59</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.93E-04</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	16.28	Kg/cm2	$S_2$	85.59	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	.	$\epsilon_2$	2.93E-04	.										
DATOS	VALORES	UND.																												
$S_1$	16.28	Kg/cm2																												
$S_2$	85.59	Kg/cm2																												
$\epsilon_1$	5.00E-05	.																												
$\epsilon_2$	2.93E-04	.																												
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>E=</b></td> <td>2.85E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						<b>E=</b>	2.85E+05	Kg/cm2																						
<b>E=</b>	2.85E+05	Kg/cm2																												

Tabla 155: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 01 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																																																																																															
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																																																																																															
BRIQUETA N°	1	ALTURA (cm)	30.2																																																																																												
FECHA DE FABRIC.	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.00																																																																																												
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	176.71																																																																																												
PORCENTAJE	30% DE PPE	RESISTENCIA 100%	167.11																																																																																												
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	66.84																																																																																												
<p>Conversión para la lectura del deformímetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1 línea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.126</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.234</td> <td></td> </tr> </table>						1 línea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.126		er=	0.13		r=	0.234																																																																															
1 línea	0.0001"	0.00000254																																																																																													
eg=	0.126																																																																																														
er=	0.13																																																																																														
r=	0.234																																																																																														
<p>Interpolación de la deformación unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>66.84</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>2.32E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>66.84</td> <td></td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>2.70E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td><math>\epsilon_2 =</math></td> <td></td> <td>2.58E-04</td> <td></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	66.84	60			2.32E-04		66.84			$\epsilon_2$		70			2.70E-04		entonces	$\epsilon_2 =$		2.58E-04																																																																		
Interpolando	$\epsilon_2$	$\rightarrow$	$S_2$	66.84																																																																																											
60			2.32E-04																																																																																												
66.84			$\epsilon_2$																																																																																												
70			2.70E-04																																																																																												
entonces	$\epsilon_2 =$		2.58E-04																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga kg</th> <th>Esfuerzo kg/cm2</th> <th>Lectura del Deformímetro en "líneas"</th> <th>Lectura del Deformímetro en "m" (g)</th> <th>Deformación en el eje en "m" (d)</th> <th>Deformación unitaria ( e )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00000000</td><td>0.00000E+00</td><td>0.00E+00</td></tr> <tr><td>1767.15</td><td>10</td><td>6</td><td>0.00001524</td><td>7.73906E-06</td><td>3.31E-05</td></tr> <tr><td>3534.29</td><td>20</td><td>13</td><td>0.00003302</td><td>1.67680E-05</td><td>7.17E-05</td></tr> <tr><td>5301.44</td><td>30</td><td>20</td><td>0.00005080</td><td>2.57969E-05</td><td>1.10E-04</td></tr> <tr><td>7068.58</td><td>40</td><td>28</td><td>0.00007112</td><td>3.61156E-05</td><td>1.54E-04</td></tr> <tr><td>8835.73</td><td>50</td><td>38</td><td>0.00009652</td><td>4.90141E-05</td><td>2.09E-04</td></tr> <tr><td>10602.88</td><td>60</td><td>42</td><td>0.00010668</td><td>5.41734E-05</td><td>2.32E-04</td></tr> <tr><td>12370.02</td><td>70</td><td>49</td><td>0.00012446</td><td>6.32023E-05</td><td>2.70E-04</td></tr> <tr><td>14137.17</td><td>80</td><td>57</td><td>0.00014478</td><td>7.35211E-05</td><td>3.14E-04</td></tr> <tr><td>15904.31</td><td>90</td><td>64</td><td>0.00016256</td><td>8.25500E-05</td><td>3.53E-04</td></tr> <tr><td>17671.46</td><td>100</td><td>74</td><td>0.00018796</td><td>9.54484E-05</td><td>4.08E-04</td></tr> <tr><td>19438.60</td><td>110</td><td>85</td><td>0.00021590</td><td>1.09637E-04</td><td>4.69E-04</td></tr> <tr><td>21205.75</td><td>120</td><td>92</td><td>0.00023368</td><td>1.18666E-04</td><td>5.07E-04</td></tr> <tr><td>22972.90</td><td>130</td><td>97</td><td>0.00024638</td><td>1.25115E-04</td><td>5.35E-04</td></tr> </tbody> </table>						Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "líneas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )	0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00	1767.15	10	6	0.00001524	7.73906E-06	3.31E-05	3534.29	20	13	0.00003302	1.67680E-05	7.17E-05	5301.44	30	20	0.00005080	2.57969E-05	1.10E-04	7068.58	40	28	0.00007112	3.61156E-05	1.54E-04	8835.73	50	38	0.00009652	4.90141E-05	2.09E-04	10602.88	60	42	0.00010668	5.41734E-05	2.32E-04	12370.02	70	49	0.00012446	6.32023E-05	2.70E-04	14137.17	80	57	0.00014478	7.35211E-05	3.14E-04	15904.31	90	64	0.00016256	8.25500E-05	3.53E-04	17671.46	100	74	0.00018796	9.54484E-05	4.08E-04	19438.60	110	85	0.00021590	1.09637E-04	4.69E-04	21205.75	120	92	0.00023368	1.18666E-04	5.07E-04	22972.90	130	97	0.00024638	1.25115E-04	5.35E-04
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformímetro en "líneas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformación unitaria ( e )																																																																																										
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																																																																																										
1767.15	10	6	0.00001524	7.73906E-06	3.31E-05																																																																																										
3534.29	20	13	0.00003302	1.67680E-05	7.17E-05																																																																																										
5301.44	30	20	0.00005080	2.57969E-05	1.10E-04																																																																																										
7068.58	40	28	0.00007112	3.61156E-05	1.54E-04																																																																																										
8835.73	50	38	0.00009652	4.90141E-05	2.09E-04																																																																																										
10602.88	60	42	0.00010668	5.41734E-05	2.32E-04																																																																																										
12370.02	70	49	0.00012446	6.32023E-05	2.70E-04																																																																																										
14137.17	80	57	0.00014478	7.35211E-05	3.14E-04																																																																																										
15904.31	90	64	0.00016256	8.25500E-05	3.53E-04																																																																																										
17671.46	100	74	0.00018796	9.54484E-05	4.08E-04																																																																																										
19438.60	110	85	0.00021590	1.09637E-04	4.69E-04																																																																																										
21205.75	120	92	0.00023368	1.18666E-04	5.07E-04																																																																																										
22972.90	130	97	0.00024638	1.25115E-04	5.35E-04																																																																																										
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1 =</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>3.31E-05</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>7.17E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 =</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>14.39</td> </tr> </table>						$\epsilon_1 =$	0.000050	3.31E-05	10	5.00E-05	$S_1$	7.17E-05	20	Entonces	$S_1 =$		14.39																																																																														
$\epsilon_1 =$	0.000050																																																																																														
3.31E-05	10																																																																																														
5.00E-05	$S_1$																																																																																														
7.17E-05	20																																																																																														
Entonces	$S_1 =$																																																																																														
	14.39																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>14.39</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>66.84</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.58E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	14.39	Kg/cm2	$S_2$	66.84	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.58E-04	-																																																																											
DATOS	VALORES	UND.																																																																																													
$S_1$	14.39	Kg/cm2																																																																																													
$S_2$	66.84	Kg/cm2																																																																																													
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																																																																																													
$\epsilon_2$	2.58E-04	-																																																																																													
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																																																																																															
<table border="1"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.52E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.52E+05	Kg/cm2																																																																																							
$E =$	2.52E+05	Kg/cm2																																																																																													

Tabla 156: Análisis de módulo de elasticidad de concreto con PPE. al 30% N° 06 a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO																									
CONCRETO AL 30% DE PPE, F'c = 210 Kg/cm2																									
BRIQUETA N°	6	ALTURA (cm)	30.77																						
FECHA DE FABRIC	19/05/2018	DIAMETRO (cm)	15.33																						
FECHA ROTURA	16/06/2018	AREA (cm2)	184.58																						
PORCENTAJE	30 % DE PPE	RESISTENCIA 100%	175.24																						
DIAS CUARADO	28	RESISTENCIA 40%	70.10																						
<p>Conversión para la lectura del deformimetro</p> <table border="1"> <tr> <td>1linea</td> <td>0.0001"</td> <td>0.00000254</td> </tr> <tr> <td>eg=</td> <td>0.125</td> <td></td> </tr> <tr> <td>er=</td> <td>0.13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>r=</td> <td>0.235</td> <td></td> </tr> </table>						1linea	0.0001"	0.00000254	eg=	0.125		er=	0.13		r=	0.235									
1linea	0.0001"	0.00000254																							
eg=	0.125																								
er=	0.13																								
r=	0.235																								
<p>Interpolacion de la deformacion unitaria para el 40% de la resistencia ultima</p> <table border="1"> <tr> <td>Interpolando</td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td><math>S_2</math></td> <td>70.10</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td>2.31E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>70.10</td> <td></td> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>80</td> <td></td> <td>2.64E-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>entonces</td> <td colspan="3"><math>\epsilon_2 = 2.32E-04</math></td> </tr> </table>						Interpolando	$\epsilon_2$	$S_2$	70.10	70		2.31E-04		70.10		$\epsilon_2$		80		2.64E-04		entonces	$\epsilon_2 = 2.32E-04$		
Interpolando	$\epsilon_2$	$S_2$	70.10																						
70		2.31E-04																							
70.10		$\epsilon_2$																							
80		2.64E-04																							
entonces	$\epsilon_2 = 2.32E-04$																								
Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformación en el eje en "m" (d)	Deformacion unitaria ( e )																				
0.0000	0	0	0.00000000	0.00000E+00	0.00E+00																				
1845.76	10	5	0.00001270	6.47451E-06	2.76E-05																				
3691.51	20	9.5	0.00002413	1.23016E-05	5.23E-05																				
5537.27	30	14	0.00003556	1.81286E-05	7.71E-05																				
7383.02	40	20	0.00005080	2.58980E-05	1.10E-04																				
9228.78	50	27	0.00006858	3.49624E-05	1.49E-04																				
11074.53	60	35	0.00008890	4.53216E-05	1.93E-04																				
12920.29	70	42	0.00010668	5.43859E-05	2.31E-04																				
14766.04	80	48	0.00012192	6.21553E-05	2.64E-04																				
16611.80	90	53	0.00013462	6.86298E-05	2.92E-04																				
18457.56	100	62.5	0.00015875	8.09314E-05	3.44E-04																				
20303.31	110	75	0.00019050	9.71176E-05	4.13E-04																				
22149.07	120	83	0.00021082	1.07477E-04	4.57E-04																				
23994.82	130	94	0.00023876	1.21721E-04	5.18E-04																				
25840.58	140	102	0.00025908	1.32080E-04	5.62E-04																				
27686.33	150	122	0.00030988	1.57978E-04	6.72E-04																				
<p>interpolacion de la resistencia para las 50 millonesima de la deformacion unitaria</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>0.000050</td> </tr> <tr> <td>5.23E-05</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5.00E-05</td> <td><math>S_1</math></td> </tr> <tr> <td>7.71E-05</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Entonces</td> <td><math>S_1 = 19.05</math></td> </tr> </table>						$\epsilon_1$	0.000050	5.23E-05	20	5.00E-05	$S_1$	7.71E-05	30	Entonces	$S_1 = 19.05$										
$\epsilon_1$	0.000050																								
5.23E-05	20																								
5.00E-05	$S_1$																								
7.71E-05	30																								
Entonces	$S_1 = 19.05$																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DATOS</th> <th>VALORES</th> <th>UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_1</math></td> <td>19.05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>S_2</math></td> <td>70.10</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math></td> <td>5.00E-05</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math></td> <td>2.32E-04</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						DATOS	VALORES	UND.	$S_1$	19.05	Kg/cm2	$S_2$	70.10	Kg/cm2	$\epsilon_1$	5.00E-05	-	$\epsilon_2$	2.32E-04	-					
DATOS	VALORES	UND.																							
$S_1$	19.05	Kg/cm2																							
$S_2$	70.10	Kg/cm2																							
$\epsilon_1$	5.00E-05	-																							
$\epsilon_2$	2.32E-04	-																							
$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$																									
<table border="1"> <tr> <td><math>E =</math></td> <td>2.81E+05</td> <td>Kg/cm2</td> </tr> </table>						$E =$	2.81E+05	Kg/cm2																	
$E =$	2.81E+05	Kg/cm2																							

### 3.6.8 Análisis estadístico del módulo de elasticidad a compresión

#### 3.6.8.1 Análisis estadístico del módulo de elasticidad del concreto patrón

Tabla 157: Módulo de elasticidad de concreto patrón por el tiempo de curado

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD							
CONCRETO PATRÓN F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD DIAS	E1	E2	S1	S2	E	E PROMEDIO Kg/cm2
1	7	5.00E-05	2.97E-04	16.02	76.16	2.43E+05	2.44E+05
2	7	5.00E-05	2.17E-04	22.87	63.51	2.44E+05	
3	21	5.00E-05	3.01E-04	18.07	83.00	2.59E+05	2.53E+05
4	21	5.00E-05	2.76E-04	21.28	77.04	2.47E+05	
3	28	5.00E-05	3.01E-04	18.88	87.36	2.73E+05	2.74E+05
4	28	5.00E-05	3.11E-04	10.00	81.84	2.76E+05	

Tabla 158: Análisis estadístico del concreto patrón

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO PATRÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN			
DESCRIPCIÓN	7 DÍAS	21 DÍAS	28 DÍAS
PROMEDIO	2.44E+05	2.53E+05	2.74E+05
VARIANZA	3.30E+05	6.69E+07	2.90E+06
DESVIACIÓN ESTADÍSTICA	574.23	8179.30	1702.59
DESVIACIÓN ESTADÍSTICA CORREGIDA	509.05	7250.95	1509.35
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	0.21%	2.87%	0.55%
INTERPRETACIÓN COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	EXCELENTE	MUY BUENO	EXCELENTE

El análisis estadístico del módulo de elasticidad compresión del concreto patrón según el cuadro N° 145 nos indica que el módulo de elasticidad de las muestras a los 7 y 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que los valores observados en general no tienen mucha dispersión es decir que son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control es EXCELENTE y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

3.6.8.2 Análisis estadístico del módulo de elasticidad de concretos al 10% PPE.

Tabla 159: Módulo de elasticidad de concretos al 10% de PPE por el tiempo de curado

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD							
CONCRETO AL 10 % PPE. F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD días	E1	E2	S1	S2	E	E PROMEDIO Kg/cm2
4	7	5.00E-05	2.53E-04	15.74	68.09	2.58E+05	2.49E+05
5	7	5.00E-05	2.36E-04	20.40	65.27	2.41E+05	
1	21	5.00E-05	2.95E-04	17.21	82.33	2.66E+05	2.58E+05
3	21	5.00E-05	3.13E-04	20.22	86.05	2.51E+05	
1	28	5.00E-05	2.99E-04	18.55	86.73	2.73E+05	2.79E+05
6	28	5.00E-05	3.00E-04	17.66	89.03	2.85E+05	

Tabla 160: Análisis estadístico de concretos al 10% de PPE.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETOS AL 10% DE PPE.			
DESCRIPCIÓN	7 días	21 días	28 días
PROMEDIO	2.49E+05	2.58E+05	2.79E+05
VARIANZA	1.44E+08	1.14E+08	6.82E+07
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	12007.64	10661.49	8259.74
DESVIACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDO	10644.77	9451.41	7322.26
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	4.27%	3.66%	2.62%
INTERPRETACIÓN COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Ing. E. PASQUEL	BUENO	BUENO	MUY BUENO

El análisis estadístico del módulo de elasticidad compresión del concreto al 10% de PPE según el cuadro N° 147 indica que el módulo de elasticidad de las muestras a los 28 días, existe una pequeña variabilidad es decir que lo valores observados en general no tienen mucha dispersión es decir que son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control que es MUY BUENO y MUY BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

3.6.8.3 Análisis estadístico del módulo de elasticidad de concretos al 20% PPE.

Tabla 161: Módulo de elasticidad de concretos al 20% de PPE. por el tiempo de curado

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD							
CONCRETO AL 20 % PPE. F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD días	E1	E2	S1	S2	E	E PROMEDIO Kg/cm2
4	7	5.00E-05	2.15E-04	18.88	60.60	2.53E+05	2.37E+05
5	7	5.00E-05	2.41E-04	19.53	61.82	2.21E+05	
2	21	5.00E-05	3.25E-04	17.77	82.77	2.36E+05	2.50E+05
4	21	5.00E-05	2.66E-04	18.51	75.55	2.64E+05	
2	28	5.00E-05	3.18E-04	18.57	88.77	2.61E+05	2.73E+05
3	28	5.00E-05	2.93E-04	16.28	85.59	2.85E+05	

Tabla 162: Análisis estadístico de concretos al 20% de PPE.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETOS AL 20% DE PPE.			
DESCRIPCIÓN	7 días	21 días	28 días
PROMEDIO	2.37E+05	2.50E+05	2.73E+05
VARIANZA	5.17E+08	3.77E+08	2.77E+08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	22742.19	19407.15	16640.70
DESVIACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDO	20160.95	17204.44	14751.98
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	8.50%	6.88%	5.40%
INTERPRETACIÓN COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
<b>Según:</b>			
INEI	BUENO	BUENO	BUENO
Ing. E. PASQUEL	DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE

El análisis estadístico del módulo de elasticidad compresión del concreto patrón según el cuadro N° 149 nos indica que el módulo de elasticidad de las muestras a los 7,21 y 28 días, existe una variabilidad es decir que lo valores observados en general existe una dispersión es decir que no son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control es DEFICIENTE y BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

3.6.8.4 Análisis estadístico del módulo de elasticidad de concretos al 30% PPE.

Tabla 163: Módulo de elasticidad de concretos al 30% de PPE. por el tiempo de curado

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD							
CONCRETO AL 30 % PPE. F'C=210 Kg/cm2							
BRIQUETA N°	EDAD días	E1	E2	S1	S2	E	E PROMEDIO Kg/cm2
2	7	5.00E-05	2.09E-04	14.72	50.93	2.28E+05	2.21E+05
3	7	5.00E-05	1.97E-04	15.00	46.50	2.14E+05	
1	21	5.00E-05	2.19E-04	19.06	64.24	2.67E+05	2.42E+05
5	21	5.00E-05	2.56E-04	16.85	61.47	2.17E+05	
1	28	5.00E-05	2.58E-04	14.39	66.84	2.52E+05	2.67E+05
6	28	5.00E-05	2.32E-04	19.05	70.10	2.81E+05	

Tabla 164: Análisis estadístico de concretos al 30% de PPE

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETOS AL 30% DE PPE.			
DESCRIPCIÓN	7 días	21 días	28 días
PROMEDIO	2.21E+05	2.42E+05	2.67E+05
VARIANZA	9.78E+07	1.26E+09	4.07E+08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9889.19	35474.84	20186.34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDO	8766.77	31448.44	17895.19
COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	3.97%	13.01%	6.71%
INTERPRETACIÓN COEFICIENTE DE VARIABILIDAD			
Según:			
INEI	MUY BUENO	BUENO	BUENO
Ing. E. PASQUEL	BUENO	DEFICIENTE	DEFICIENTE

El análisis estadístico del módulo de elasticidad compresión del concreto patrón según el cuadro N° 151 nos indica que el módulo de elasticidad de las muestras a los 21 y 28 días, existe una variabilidad es decir que lo valores observados en general existe una dispersión es decir que no son cercanos al valor medio. Por lo que según el ingeniero Enrique Pasquel el coeficiente de variabilidad tiene un grado de control es DEFICIENTE y BUENO según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Según E. Pasquel. Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm2 y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La Norma

que establece como determinar el Módulo de Elasticidad Estático del concreto es la ASTM C-469 (Ref.7.7). Por lo que podemos concluir que el Módulo de Elasticidad para los 28 días están dentro de los parámetros establecidos por la Norma, mientras para los 7 y 21 días de curado los Módulos de Elasticidad no están dentro de los parámetros; esto se debe a que concreto no llega a su máxima resistencia como se sabe que el Módulo de Elasticidad es directamente proporcional a la Resistencia.

### 3.6.9 Dosificaciones

#### 3.6.9.1 Diseño de mezcla para concreto patrón $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$

Para el diseño de mezclas que se realiza en la presente tesis deberá de contar con un diseño de mezcla para el concreto patrón y en función a esta ir tomando los porcentajes óptimos y convenientes de las perlas de poliestireno expandido. Para este trabajo de investigación tomaremos el diseño de mezclas del método ACI.

- **Datos obtenidos en laboratorio:**

Tabla 165: Datos obtenidos en laboratorio

Descripción	A. fino	A. grueso	Unid.
Tamaño máximo nominal	-	$\frac{3}{4}$ "	Pulg
P.e.	2519	2649	Kg/m <sup>3</sup>
P.U. compactado y seco (Kg/m <sup>3</sup> )	1653	1547	Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%)	5.02	0.87	%
Porcentaje de absorción (%)	2.56	1.08	%
Resistencia al desgaste del agregado grueso		19.5	%
Módulo de fineza	2.68		

Descripción	Peso específico	Unidad
Cemento Portland Tipo IP	2850	Kg/cm <sup>3</sup>
Agua	1000	Kg/cm <sup>3</sup>

Descripción	$f'c$	unidad
Resistencia a la compresión axial	210	Kg/cm <sup>2</sup>

**PRIMER PASO:** selección de slump de acuerdo a la tabla se escoge el valor

Tabla 166: Tipo de asentamiento según tipo de estructuras

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción		
Tipo de Construcción	Slump	
	Máx.(pulg)	Mín.(pulg)
Zapatatas y muros de ciment. reforzados	3	1
Cimentac.simples,muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	2
Pavimentos y losas	3	1
Concreto ciclópeo.	2	1

$$\text{Slump} = 3''$$

**SEGUNDO PASO:** determinación de la resistencia promedio.

Tabla 167: Resistencia a compresión promedio ( $f'_{cr}$ )

$f'_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'_{cr}$ kg/cm <sup>2</sup>
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

$$f'_{cr} = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**TERCER PASO:** determinando la cantidad de agua de acuerdo a la tabla 10 en referencia al asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado

Tabla 168: Volumen de agua según el tamaño máximo nominal y el asentamiento

Asentamiento	Agua en Lts/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado 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	---

Donde:

$$\text{Agua} = 181 \text{ Lts/m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.181\text{m}^3$$

Se calcula el aire atrapado según el tamaño máximo nominal del agregado 3/4"

Tabla 169: Aire atrapado según el TMN del agregado grueso

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

El porcentaje de aire atrapado es = 2% = 0.020 m<sup>3</sup>

**CUARTO PASO:** para obtener la relación agua cemento se hace en función a la resistencia a los 28 días para un concreto sin aire incorporado

Tabla 170: Relación agua cemento

F' CR (28 DÍAS)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
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	---

Interpolando para 294kg/cm<sup>2</sup> se tiene a/c = 0.5584

**QUINTO PASO:** Contenido de cemento

$$\text{Agua/Cemento} = 0.5584$$

$$\text{Cemento} = 205/0.5584$$

$$\text{Cemento} = 367.12\text{kg}$$

Determinando cemento en volumen

$$\text{Cemento} = \frac{367.12\text{kg}}{2850\text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.129\text{ m}^3$$

**SEXTO PASO:** Contenido de agregado grueso se determina en función al módulo de fineza del agregado fino con el tamaño máximo nominal.

Tabla 171: Volumen de agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.6
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.7
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.84	0.81

De acuerdo a la tabla se obtiene interpolando para **MF=2.68** y tamaño máximo nominal 3/4" es **0.632m3**

Los datos que arroja nuestro diseño de mezcla patrón son los siguientes:

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.632 \times \frac{1547 \text{ kg/m}^3}{2649 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.369 \text{ m}^3$$

**SÉPTIMO PASO:** cálculo de agregado fino por volumen absoluto.

Tabla 172: Volumen absoluto de materiales

Volumen absoluto		
Descripción	Und.	Cantidad
Volumen agua	m3	0.205
Volumen de cemento	m3	0.129
Volumen de agregado grueso	m3	0.369
Volumen de aire atrapado	m3	0.020
<b>Total</b>	<b>m3</b>	<b>0.723</b>

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1\text{m}^3 - 0.723 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.277 \text{ m}^3$$

Determinación del peso absoluto de los materiales

Tabla 173: Determinación de pesos absolutos de materiales

Peso absoluto			
Materiales	Volumen Absoluto m <sup>3</sup>	Peso Especifico kg/m <sup>3</sup>	Peso kg
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.129	2850	367.12
Agregado grueso	0.369	2649	977.70
Agregado fino	0.277	2519	698.02
Aire atrapado	0.02		0.00
<b>Total m<sup>3</sup></b>	<b>1.00</b>		<b>2247.84</b>

**OCTAVO PASO:** Corrección por humedad de los agregados.

Se ajusta el peso del agua que está contenida en los agregados y se corregirá el peso de los agregados fino y grueso debido a su porcentaje de humedad y absorción.

$$\text{Peso corregido} = (1 + \text{contenido humedad}) \times \text{Peso seco}$$

- Peso corregido de agregado grueso =  $(1 + 0.0087) \times 977.70$   
= 986.21 m<sup>3</sup>
- Peso corregido de agregado fino =  $(1 + 0.0502) \times 698.02$   
= 733.06 m<sup>3</sup>

$$\text{Balance de agua} = \text{contenido humedad} - \text{absorción}$$

- Balance de agua para agregado grueso = 0.87% - 1.08%  
= -0.21%  
= -0.0021
- Balance de agua para agregado fino = 5.02% - 2.56%  
= +2.46%  
= +0.0246

$$\text{Contribución de agua} = \text{peso corregido} \times \text{Balance de agua}$$

- Contribución de agua por el agregado grueso =  $986.21 \times -0.0021$   
= -2.07 kg
- Contribución de agua por el agregado fino =  $733.06 \times 0.0246$   
= +18.03 kg

**Agua final de la mezcla = Peso absoluto de agua – aportes de agua**

- Agua final = 205 – (-2.07) -18.03  
= 189.04kg

**NOVENO PASO:** Se refiere a los ajustes hechos anteriormente y disminuir la cantidad de agua contenidos en los agregados

- Dosificación final para 1m<sup>3</sup> de concreto patrón f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 174: Dosificación de diseño de mezclas en pesos y volumen para 1 m<sup>3</sup> de concreto

Material		Peso (kg)	Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Agua		189.04	189.04	0.19
Cemento		367.12	337.12	0.13
Agregado grueso		986.21	986.21	0.37
Agregado fino	Chancadora	733.06	366.53	0.15
	Cunyac		366.53	0.15
<b>TOTAL</b>		<b>2275.43</b>	<b>2275.43</b>	<b>0.98</b>

- Proporción en pesos y volúmenes

Tabla 175: Dosificación de diseño de mezclas en proporciones de pesos y volúmenes para 1 m<sup>3</sup> de concreto

Proporción		Peso	Volumen
Agua		0.5	1.5
Cemento		1.0	1.0
Agregado grueso		2.7	2.9
Agregado fino	Chancadora	1.0	1.1
	Cunyac	1.0	1.1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.6.9.2 Dosificaciones para 1 m<sup>3</sup> de concreto Patrón

- Diseño en peso para 01 metro cúbico de concreto

Tabla 176: : Diseño en peso para 1 m<sup>3</sup> de concreto patrón

Materiales	Und.	Cantidad
Cemento	Kg	337.12
Agua	litros	189.04
Agregado grueso	Kg	986.21
Agregado fino Chancadora	Kg	366.53
Agregado fino Cunyac	Kg	366.53

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

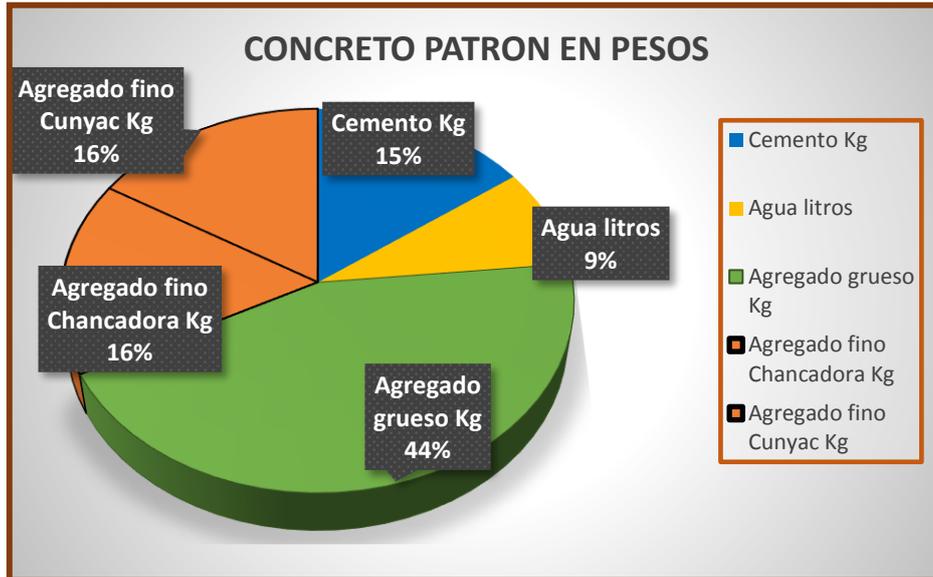


Figura 85: Dosificación en pesos del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

• **Dosificación en volumen para 01 m3 de concreto patrón**

Tabla 177: Diseño en volumen para 1 m3 de concreto patrón

MATERIALES	UND.	CANTIDAD
Cemento	m3	0.13
Agregado grueso	m3	0.37
Agregado fino Chancadora	m3	0.15
Agregado fino Cunyac	m3	0.15
Agua	m3	0.19

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura 86: Dosificación en volumen del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

### 3.6.9.3 Dosificación de concreto Patrón a $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ para 18 briquetas

- Medidas tomadas de una briketa de 6" x 12".

Tabla 178: Medidas de una briketa 6"x12"

DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
Diámetro briketa	m	0.15
Altura briketa	m	0.305
Volumen	m <sup>3</sup>	0.005
Núm. de briketas	und	1.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Diseño en Peso de para 18 briketas de concreto patrón

Tabla 179: Diseño de mezcla en peso para concreto patrón (18 testigos)

MATERIALES	UND	CANTIDAD
Cemento	kg	32.71
Agregado grueso	kg	95.68
Agregado fino Chancadora	kg	35.56
Agregado fino Cunyac	kg	35.56
Agua	litros	18.34

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Diseño en volumen para 18 briketas de concreto patrón

Tabla 180: Diseño de mezcla en peso para concreto patrón (18 testigos)

MATERIALES	UND.	CANTIDAD
Cemento	m <sup>3</sup>	0.0126
Agregado grueso	m <sup>3</sup>	0.0359
Agregado fino Chancadora	m <sup>3</sup>	0.0146
Agregado fino Cunyac	m <sup>3</sup>	0.0146
Agua	m <sup>3</sup>	0.0184

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.6.9.4 Diseño de concreto reemplazado de agregado fino por PPE. al 10%.

- Diseño en peso para 18 briketas

Tabla 181: Diseño de mezcla en peso con 10% de PPE

MATERIALES	UND	CANTIDAD
------------	-----	----------

Cemento	kg	32.71
PPE	kg	0.035
Agregado grueso	kg	95.68
Agregado fino Chancadora	kg	32.00
Agregado fino Cunyac	kg	32.00
Agua	litros	18.34

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Diseño en volumen para 18 briquetas**

Tabla 182: Diseño mezcla en volumen con 10% de PPE

MATERIALES	UND	CANTIDAD
Cemento	m3	0.0126
PPE	m3	0.0029
Agregado grueso	m3	0.0359
Agregado fino Chancadora	m3	0.0131
Agregado fino Cunyac	m3	0.0131
Agua	m3	0.0184

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.1.1.1 Diseño de concreto reemplazado agregado fino por PPE. al 20%

- **Diseño en peso para 18 briquetas**

Tabla 183: Diseño de mezcla en peso con 20% de PPE

MATERIALES	UND.	CANTIDAD
Cemento	kg	32.71
PPE	kg	0.070
Agregado grueso	kg	95.68
Agregado fino Chancadora	kg	28.45
Agregado fino Cunyac	kg	28.45
Agua	litros	18.34

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Diseño en volumen (18 briquetas) de concreto**

Tabla 184: Diseño mezcla en volumen con 20% de PPE

MATERIALES	UND.	CANTIDAD
Cemento	m3	0.0126
PPE	m3	0.0058
Agregado grueso	m3	0.0359
Agregado fino Chancadora	m3	0.0116
Agregado fino Cunyac	m3	0.0116
Agua	m3	0.0184

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.1.1.2 Diseño de concreto reemplazado de agregado fino por PPE al 30%

- **Diseño en peso para 18 briquetas**

Tabla 185: Diseño de mezcla en peso con 30% de PPE

MATERIALES	UND	CANTIDAD
Cemento	kg	32.71
PPE	kg	0.1050
Agregado grueso	kg	95.68
Agregado fino Chancadora	kg	24.89
Agregado fino Cunyac	kg	24.89
Agua	litros	18.34

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Diseño en volumen (18 briquetas) de concreto**

Tabla 186: Diseño de mezcla en volumen con 30% de PPE

MATERIALES	1.5	CANTIDAD
Cemento	m3	0.0126
PPE.	m3	0.0087
Agregado grueso	m3	0.0359
Agregado fino chancadora	m3	0.0102
Agregado fino Cunyac	m3	0.0102
Agua	m3	0.0184

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## CAPITULO IV

## 4 RESULTADOS

## 4.1 RESULTADOS DE PESO VOLUMÉTRICO

De acuerdo a los datos obtenidos y el análisis de los datos en los ensayos del peso volumétrico del concreto se ha determinado los siguientes resultados en los diferentes tipos de concreto que se han estudiado.

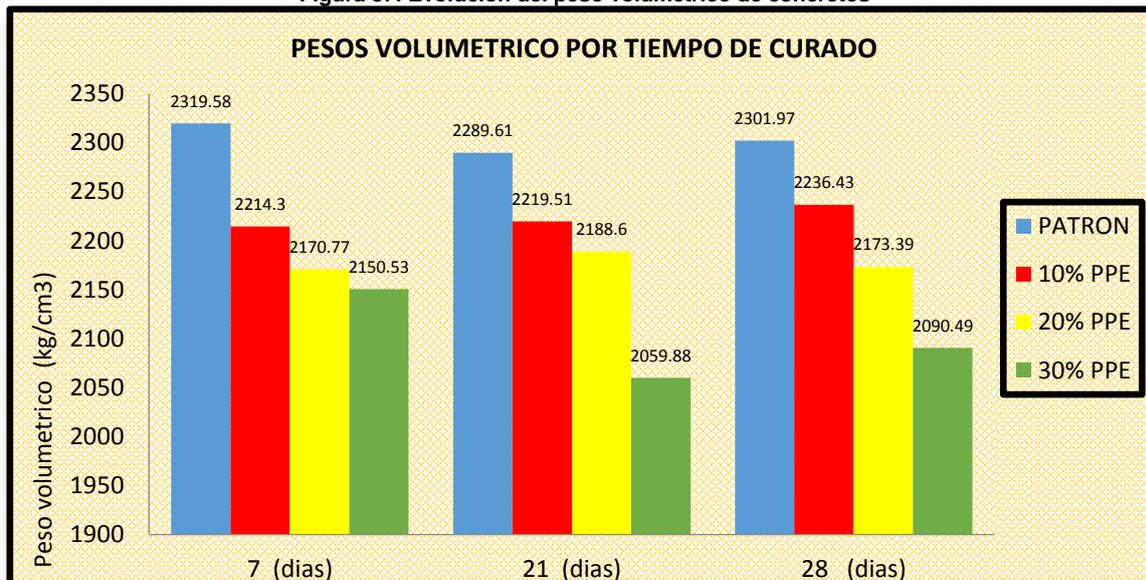
## 4.1.1 Resultados de peso volumétrico de concreto por dosificación por el tiempo de curado.

Tabla 187: Evolución de peso volumétrico de concretos

PESO VOLUMÉTRICO			
TIPO CONCRETO	7 (días)	21 (días)	28 (días)
<b>PATRÓN</b>	2319.58	2289.61	2301.97
<b>10% PPE</b>	2214.3	2219.51	2236.43
<b>20% PPE</b>	2170.77	2188.60	2173.39
<b>30% PPE</b>	2150.53	2059.88	2090.49

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Figura 87: Evolución del peso volumétrico de concretos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**4.1.2 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días**

Tabla 188: Peso volumétrico de los concretos a los 7 días

PESO VOLUMÉTRICO A LOS 7 DÍAS		
DOSIFICACIONES	PESOS VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO (%)
<b>PATRÓN</b>	2319.58	100.00%
<b>10% PPE.</b>	2214.30	95.46%
<b>20% PPE.</b>	2170.77	93.58%
<b>30% PPE.</b>	2150.53	92.71%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura 88: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 7 días

**4.1.3 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días**

Tabla 189: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 21 días

PESO VOLUMÉTRICO A LOS 21 DÍAS		
DOSIFICACIONES	PESOS VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO (%)
<b>PATRÓN</b>	2289.61	100.00%
<b>10%</b>	2219.51	96.94%
<b>20%</b>	2188.60	95.59%
<b>30%</b>	2059.88	89.97%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura 89: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 21 días

#### 4.1.4 Resultado comparativo del peso volumétrico del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días

Tabla 190: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 28 días

peso volumétrico a los 28 días		
DOSIFICACIONES	PESOS VOLUMÉTRICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO (%)
<b>PATRÓN</b>	2301.97	100.00%
<b>10%</b>	2236.43	97.15%
<b>20%</b>	2173.39	94.41%
<b>30%</b>	2090.49	90.81%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

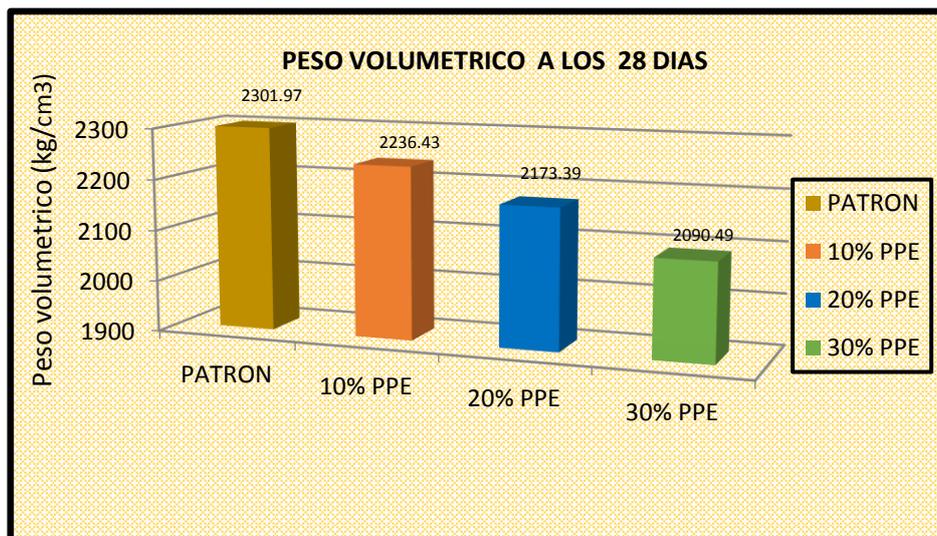


Figura 90: Evolución del peso volumétrico del concreto a los 28 días

## 4.2 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

### 4.2.1 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón por el tiempo de curado.

Tabla 191: Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón

CONCRETO PATRÓN F'C=210 kg/cm2		
EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
7	151.64	70.67%
21	188.41	87.81%
28	214.56	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

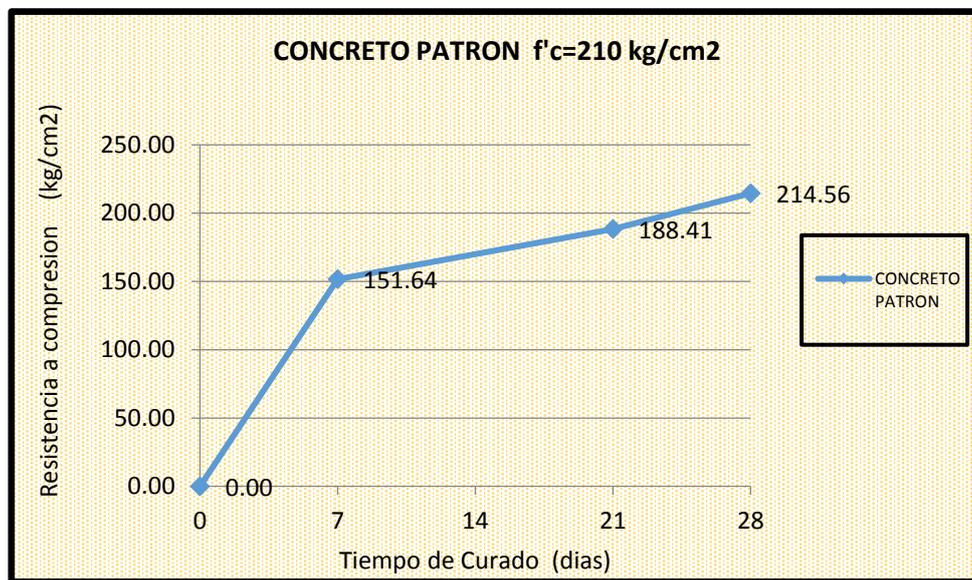


Figura 91: Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón

### 4.2.2 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 10% al agregado fino por el tiempo de curado.

Tabla 192: Evolución de resistencia a compresión de concreto con 10% de PPE.

CONCRETO REEMPLAZADO CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 10% DEL AGREGADO FINO		
EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
7	162.92	73.88%
21	216.53	98.19%
28	220.52	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

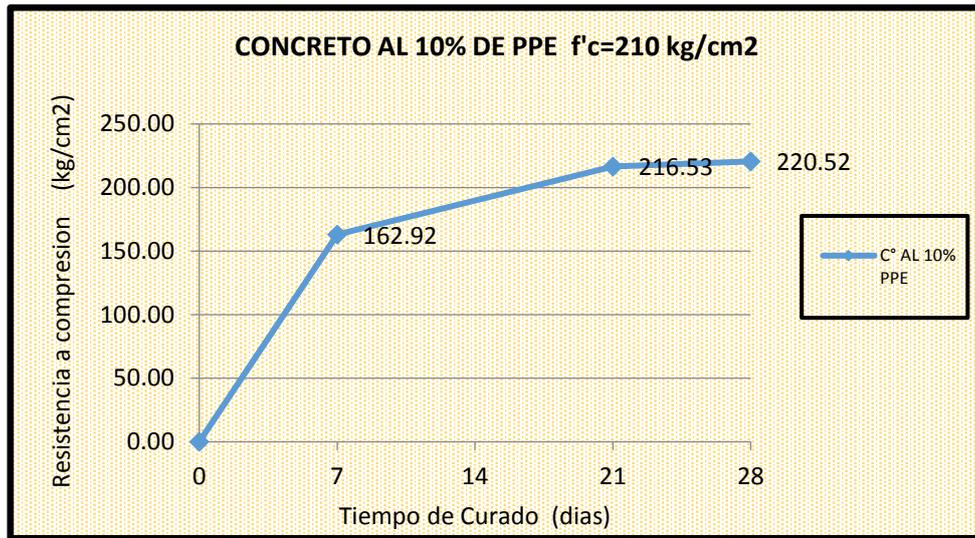


Figura 92: Evolución de resistencia a compresión al 10% de PPE

#### 4.2.3 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 20% al agregado fino por el tiempo de curado.

Tabla 193: Evolución de resistencia a compresión de concreto con 20% de PPE.

CONCRETO REEMPLAZADO CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 20% DEL AGREGADO FINO		
EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m <sup>3</sup> )	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
7	147.54	75.50%
21	169.35	86.66%
28	195.42	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

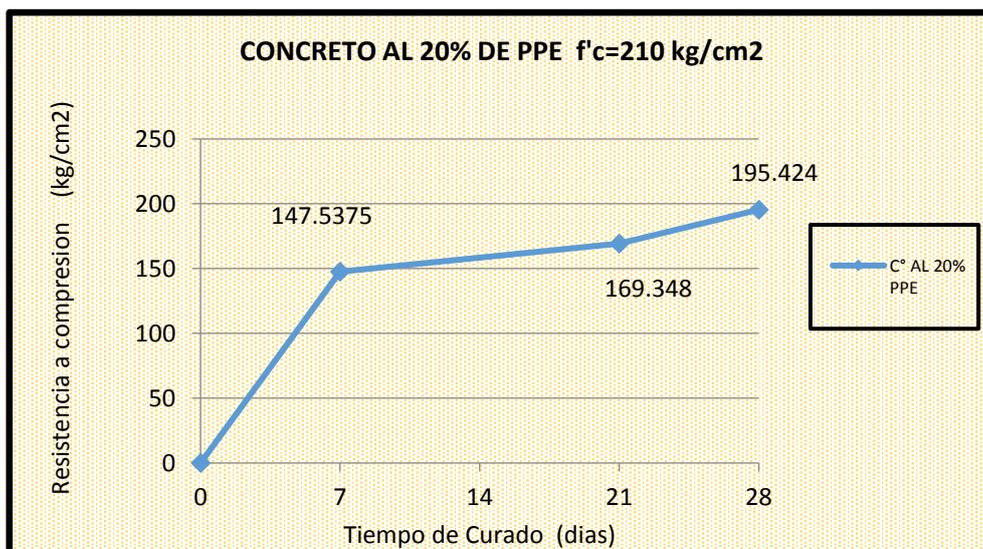


Figura 93: Evolución de resistencia a compresión al 20% de PPE.

**4.2.4 Resultados de resistencia a compresión del concreto reemplazado con perlas de poliestireno expandido al 30% al agregado fino por el tiempo de curado.**

Tabla 194: Evolución resistencia a compresión de concreto 30% con PPE

CONCRETO REEMPLAZADO CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO AL 30% DEL AGREGADO FINO		
EDAD (días)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
7	126.35	77.40%
21	149.18	91.38%
28	163.25	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

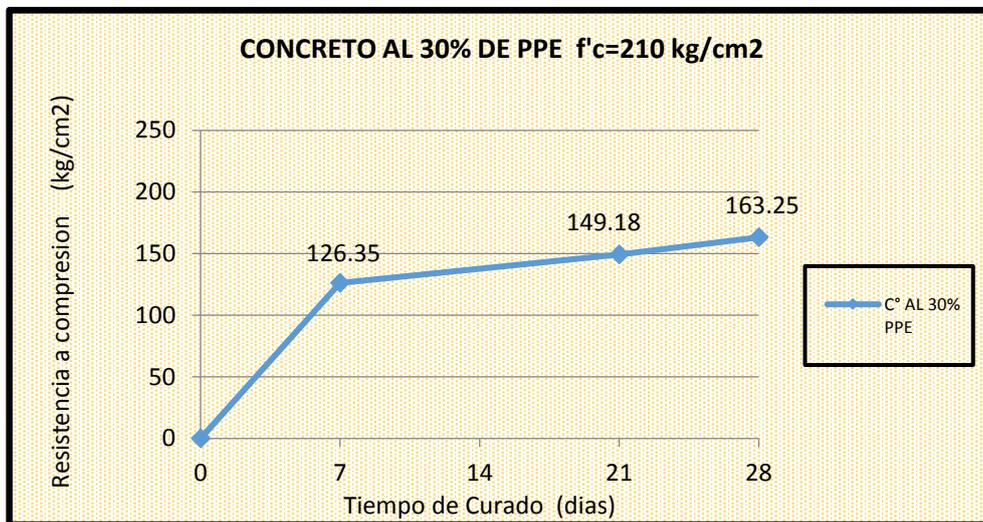


Figura 94: Evolución de resistencia a compresión al 30% de PPE

**4.2.5 Resultado comparativo de la resistencia a compresión de los concretos fabricados con sustitución a distintas dosificaciones de Perlas de poliestireno expandido**

Tabla 195: Comparación de concretos con sustitución de PPE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN F'C=210 Kg/cm2			
TIPO CONCRETO	7 (días)	21 (días)	28 (días)
10% PPE	162.92	216.53	220.52
20% PPE	147.54	169.35	195.42
30% PPE	126.35	149.18	163.25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

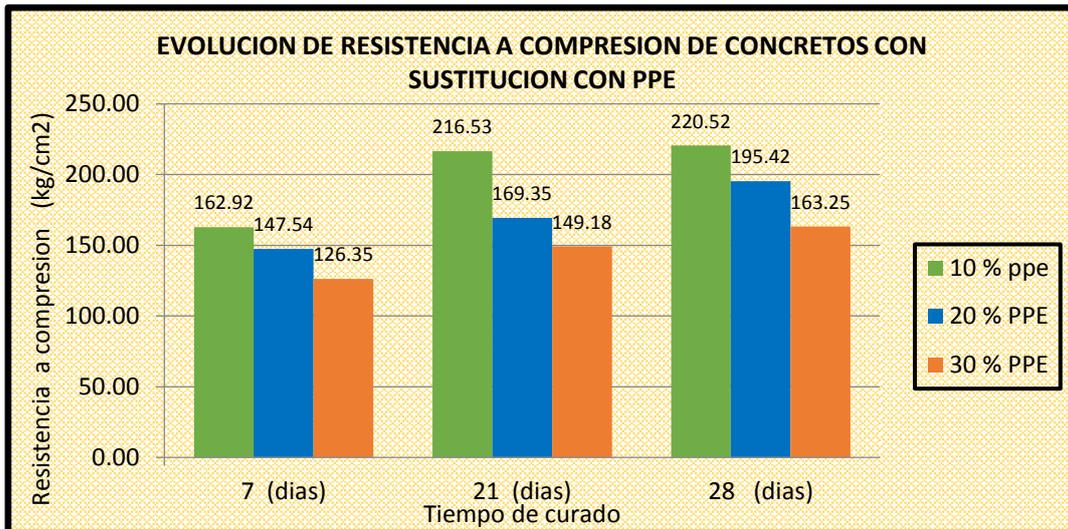


Figura 95: Evolución de resistencia de concreto sustituidos con PPE. a distintas dosificaciones

#### 4.2.6 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días

Tabla 196: Comparación de concretos a los 7 días

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS		
DOSIFICACIONES	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
<b>PATRÓN</b>	151.64	100.00%
<b>10% PPE.</b>	162.92	107.44%
<b>20% PPE.</b>	147.54	97.30%
<b>30% PPE.</b>	126.35	83.33%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

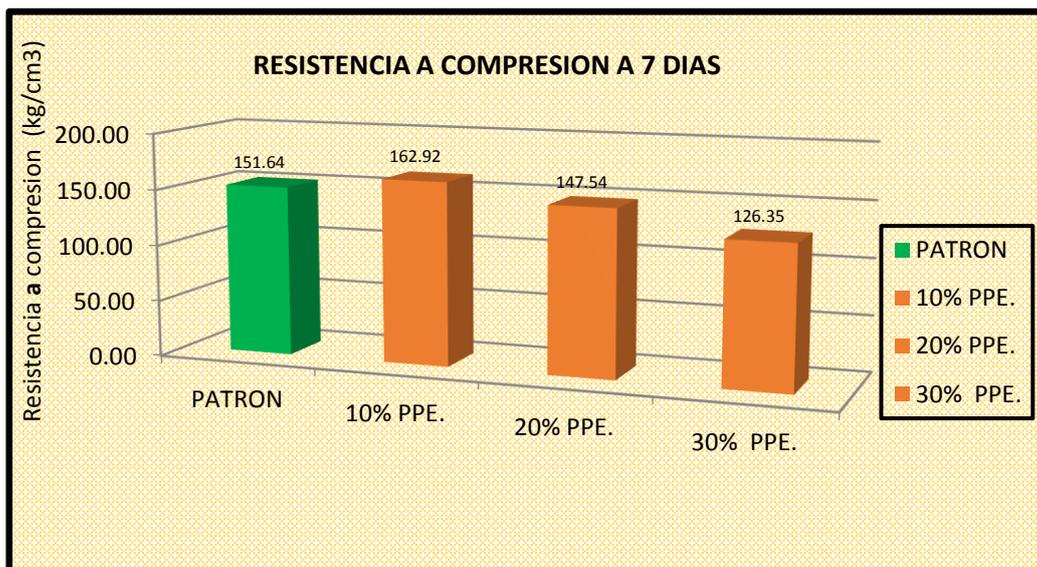


Figura 96: Comparación de los concreto a los 7 días

**4.2.7 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días**

Tabla 197: Comparación de concretos a los 21 días

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 21 DÍAS		
DOSIFICACIONES	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
<b>PATRÓN</b>	188.41	100.00%
<b>10% PPE.</b>	216.53	114.92%
<b>20% PPE</b>	169.35	89.88%
<b>30%</b>	149.18	79.17%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

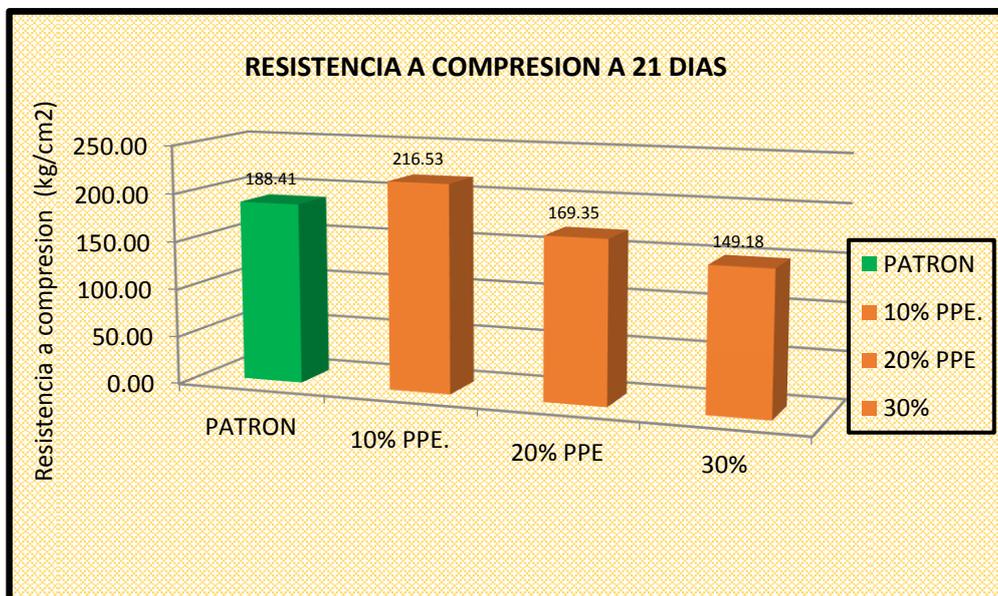


Figura 97: Comparación de los concreto a los 21 días

**4.2.8 Resultado comparativo de la resistencia del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días**

Tabla 198: Comparación de concretos a los 28 días

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS		
DOSIFICACIONES	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/m3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)
<b>PATRÓN</b>	214.56	100.00%
<b>10% PPE.</b>	220.52	102.78%
<b>20%</b>	195.42	91.08%
<b>30%</b>	163.25	76.09%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

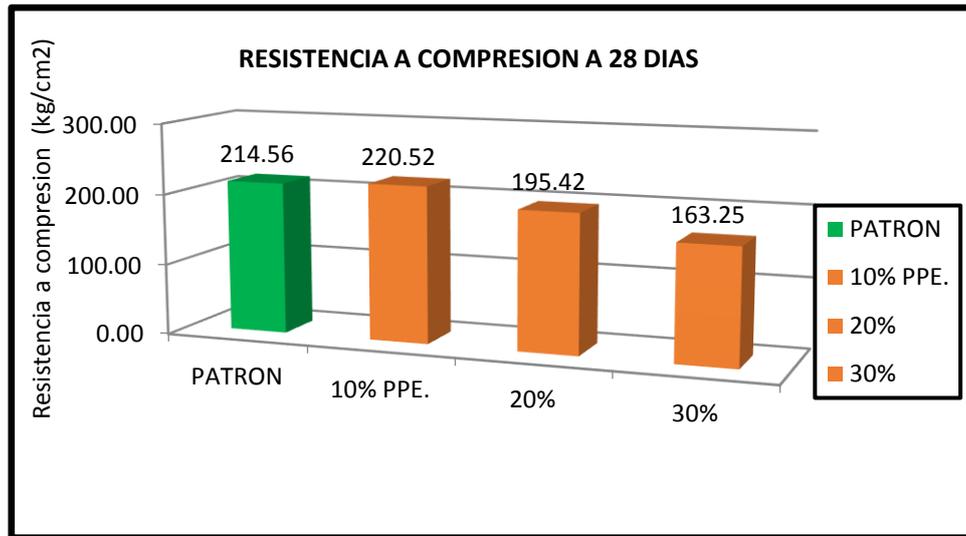


Figura 98: Comparación de los concretos a los 28 días

#### 4.2.9 Resultado de evolución de la resistencia a compresión por el tiempo de curado

Tabla 199: Evolución de la resistencia por tiempo de curado

RESISTENCIA A COMPRESIÓN F'C=210 Kg/cm <sup>2</sup>			
TIPO CONCRETO	7 DÍAS	21 DÍAS	28 DÍAS
<b>PATRON</b>	151.64	188.41	214.56
<b>10% PPE</b>	162.92	216.53	220.52
<b>20% PPE</b>	147.54	169.35	195.42
<b>30% PPE</b>	126.35	149.18	163.25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 4.2.10 Resultados de evolución de la resistencia a compresión por el tiempo de curado

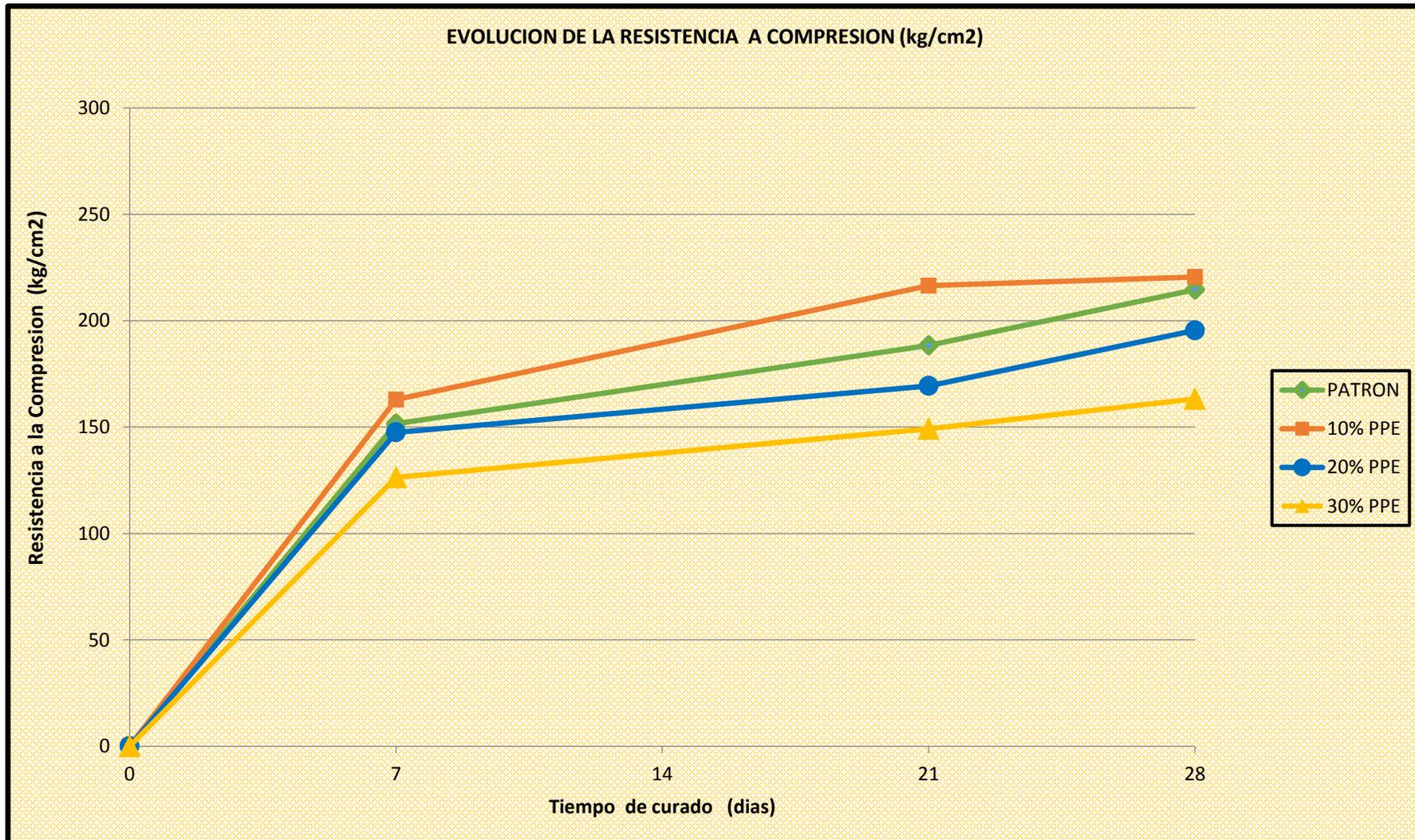


Figura 99: Comparación general de la evolución de la resistencia a compresión

### 4.3 RESULTADOS DE MODULO DE ELASTICIDAD

#### 4.3.1 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto patrón por el tiempo de curado

Tabla 200: Módulo de elasticidad de concreto patrón

MODULO DE ELASTICIDAD PATRÓN		
EDAD (días)	MODULO ELASTICIDAD (kg/m3)	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
7	2.44E+05	88.80%
21	2.53E+05	92.14%
28	2.74E+05	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

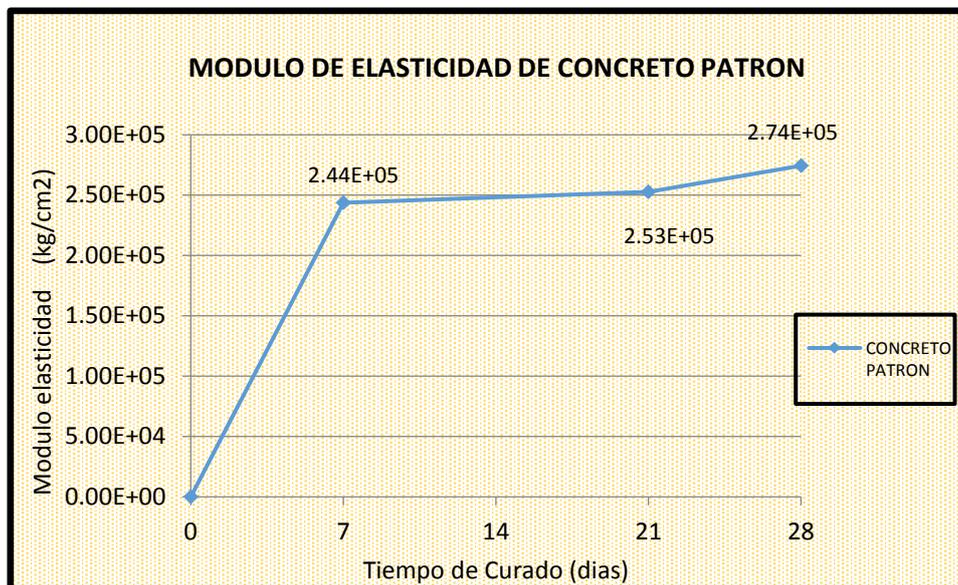


Figura 100: Evolución de concreto patrón

#### 4.3.2 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 10% de PPE por el tiempo de curado

Tabla 201: Módulo de elasticidad de concreto con 10% de sustitución de PPE

MODULO DE ELASTICIDAD AL 10 % DE PPE		
EDAD (días)	MODULO ELASTICIDAD (kg/m3)	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
7	2.49E+05	89.28%
21	2.58E+05	92.46%
28	2.79E+05	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

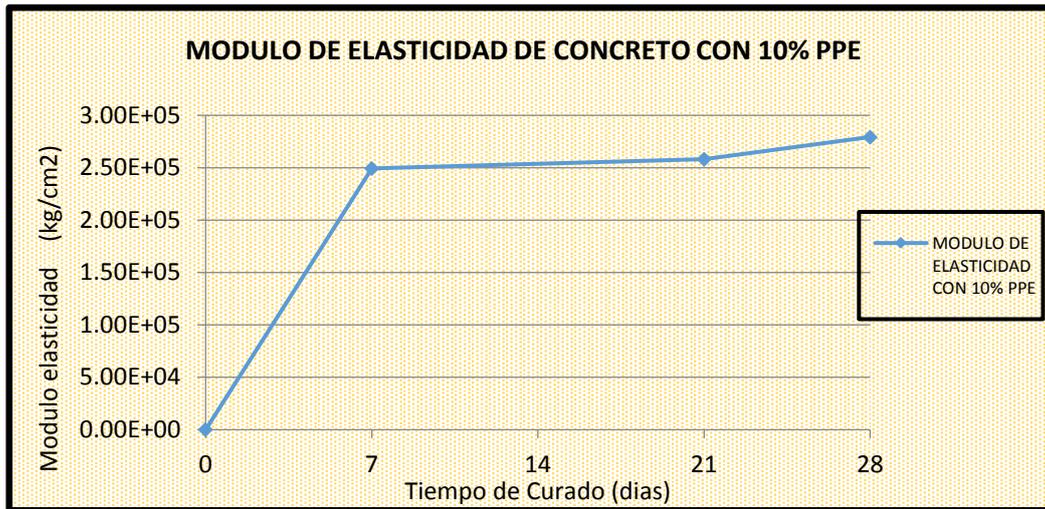


Figura 101: Módulo de elasticidad de concreto con 10% de PPE

### 4.3.3 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 20% de PPE por el tiempo de curado

Tabla 202: Módulo de elasticidad de concreto con 20% de sustitución de PPE

MODULO DE ELASTICIDAD AL 20 % PPE		
EDAD (días)	MODULO ELASTICIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
7	2.37E+05	86.81%
21	2.50E+05	91.51%
28	2.73E+05	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

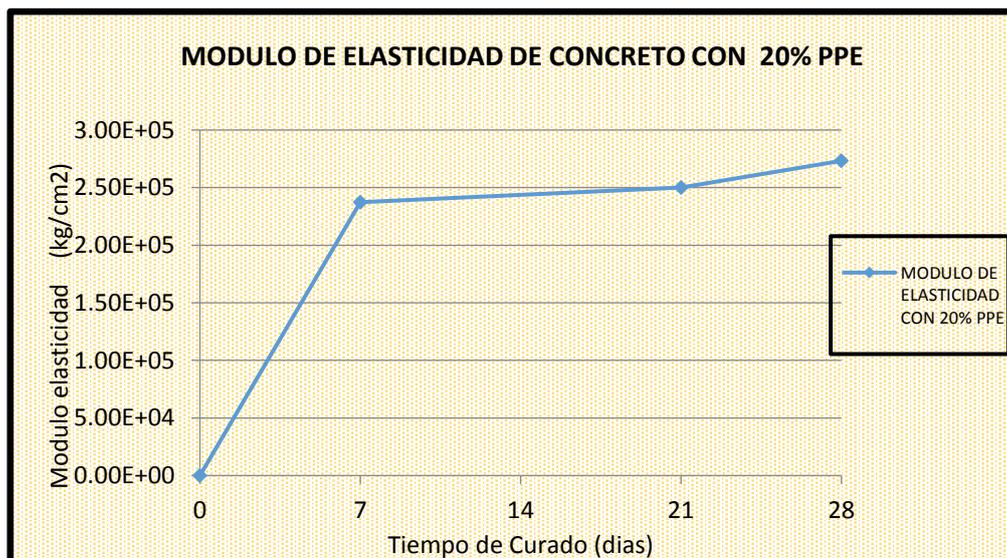


Figura 102: Evolución de concreto con 20% de PPE

### 4.3.4 Resultados de Módulo de Elasticidad del concreto con 30% de PPE por el tiempo de curado

Tabla 203: Módulo de elasticidad de concreto con 30% de sustitución de PPE

MODULO DE ELASTICIDAD AL 30 % PPE		
EDAD (días)	MODULO ELASTICIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
7	2.21E+05	82.86%
21	2.42E+05	90.66%
28	2.67E+05	100.00%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

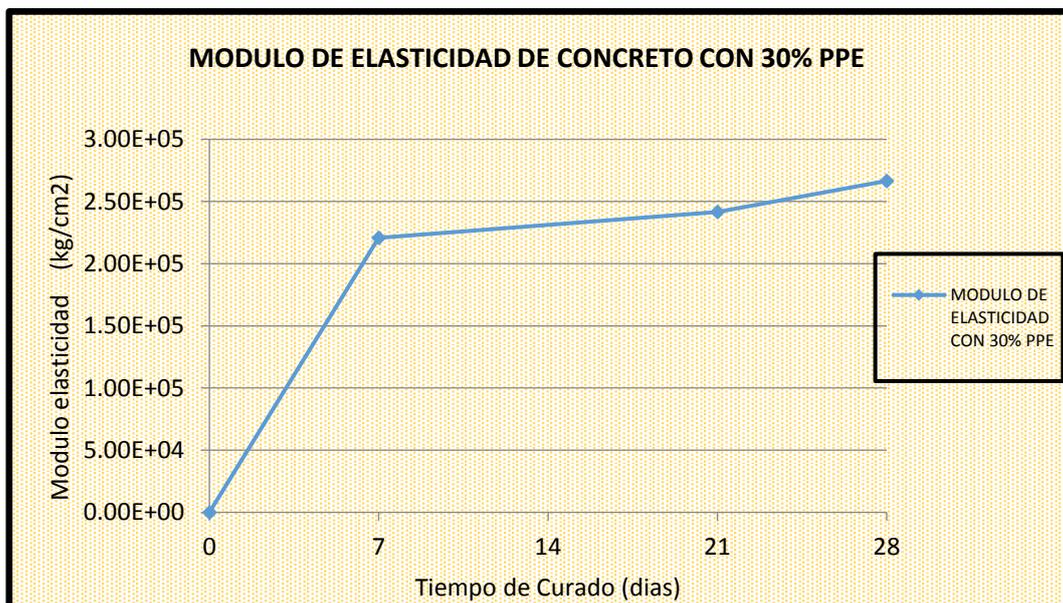


Figura 103: Evolución de concreto con 30% de PPE

### 4.3.5 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 7 días

Tabla 204: Módulo de elasticidad de concretos a los 7 días

MODULO DE ELASTICIDAD A LOS 7 DÍAS		
DOSIFICACIONES	MODULO ELASTICIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
<b>PATRÓN</b>	2.44E+05	100.00%
<b>10% PPE.</b>	2.49E+05	102.36%
<b>20% PPE.</b>	2.37E+05	97.35%
<b>30% PPE.</b>	2.21E+05	90.65%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

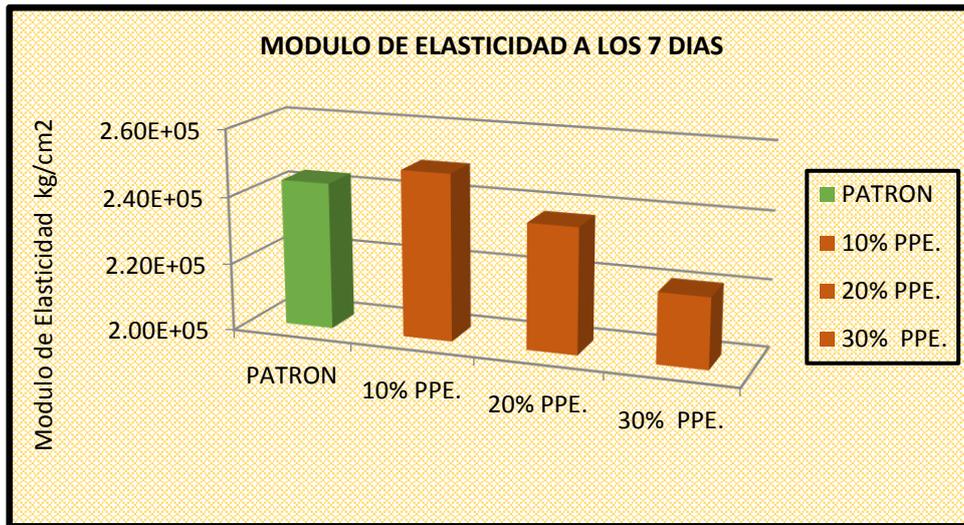


Figura 104: Comparación de módulo de elasticidad a los 7 días

#### 4.3.6 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 21 días.

Tabla 205: Módulo de elasticidad de concretos a los 21 días

MODULO DE ELASTICIDAD A LOS 21 DIAS		
DOSIFICACIONES	MODULO ELASTICIDAD (kg/m3)	MODULO DE ELASTICIDAD (%)
<b>PATRÓN</b>	2.53E+05	100.00%
<b>10% PPE.</b>	2.58E+05	102.15%
<b>20% PPE.</b>	2.50E+05	98.90%
<b>30% PPE.</b>	2.42E+05	95.59%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

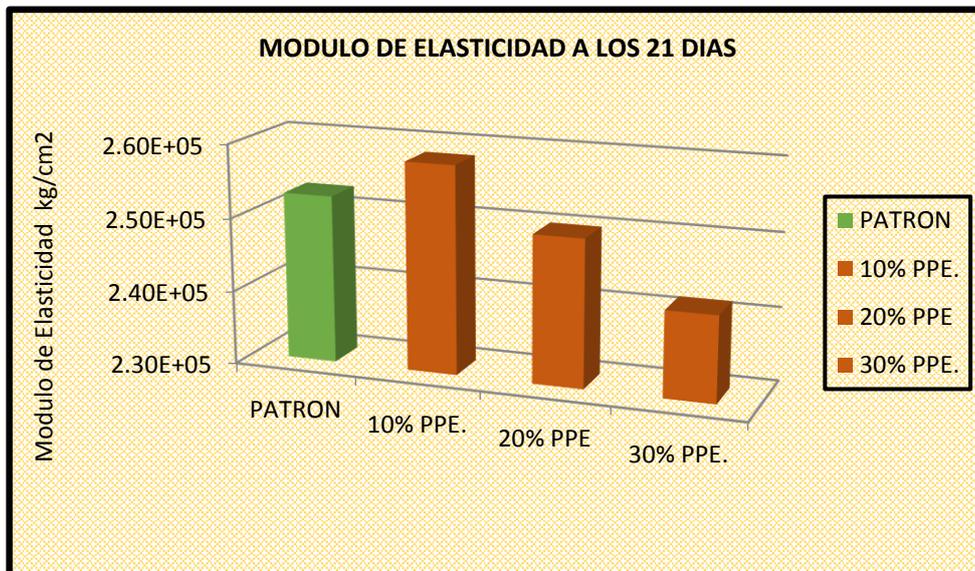


Figura 105: Comparación del módulo de elasticidad a los 21 días

**4.3.7 Resultado comparativo del módulo de elasticidad del concreto patrón con concretos reemplazados a distintas dosificaciones de PPE a los 28 días.**

Tabla 206: Módulo de elasticidad de concretos a los 28 días

MODULO DE ELASTICIDAD A LOS 28 DÍAS			
DOSIFICACIONES	MODULO ELASTICIDAD (kg/m3)	MODULO DE ELASTICIDAD (%)	DIFERENCIAS
<b>PATRÓN</b>	2.74E+05	100.00%	0.00%
<b>10% PPE.</b>	2.79E+05	101.80%	+1.80%
<b>20% PPE.</b>	2.73E+05	99.58%	-0.42%
<b>30% PPE.</b>	2.67E+05	97.15%	-2.85%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

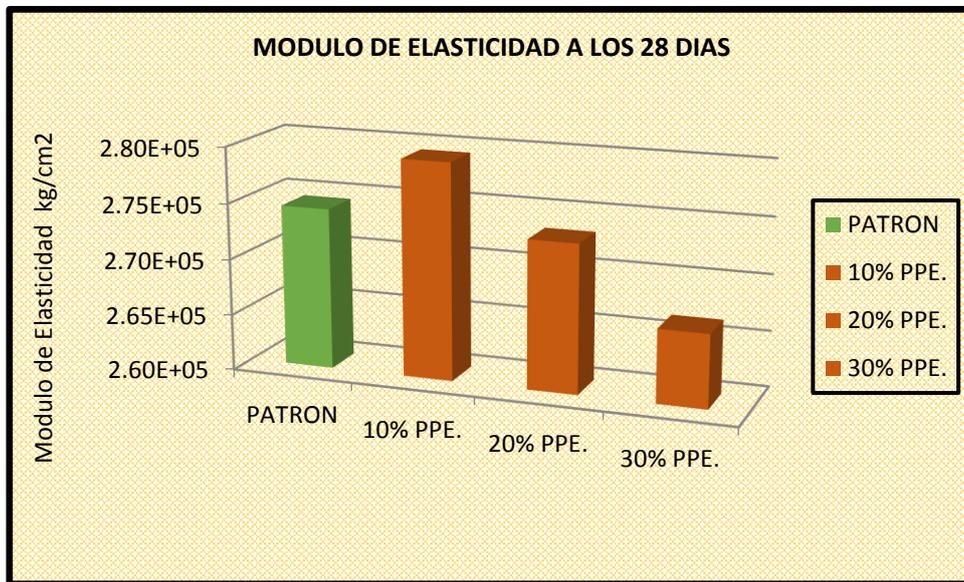


Figura 106: Comparación del módulo de elasticidad a los 28 días

**4.3.8 Resultado de evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado**

Tabla 207: Evolución del módulo de elasticidad por tiempo de curado

MODULO DE ELASTICIDAD			
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2			
CONCRETO	PROMEDIOS (kg/cm2 )		
	7 (días)	21 (días)	28 (días)
<b>PATRÓN</b>	2.44E+05	2.53E+05	2.74E+05
<b>10%</b>	2.49E+05	2.58E+05	2.79E+05
<b>20%</b>	2.37E+05	2.50E+05	2.73E+05
<b>30%</b>	2.21E+05	2.42E+05	2.67E+05

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 4.3.9 Resultados de evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado

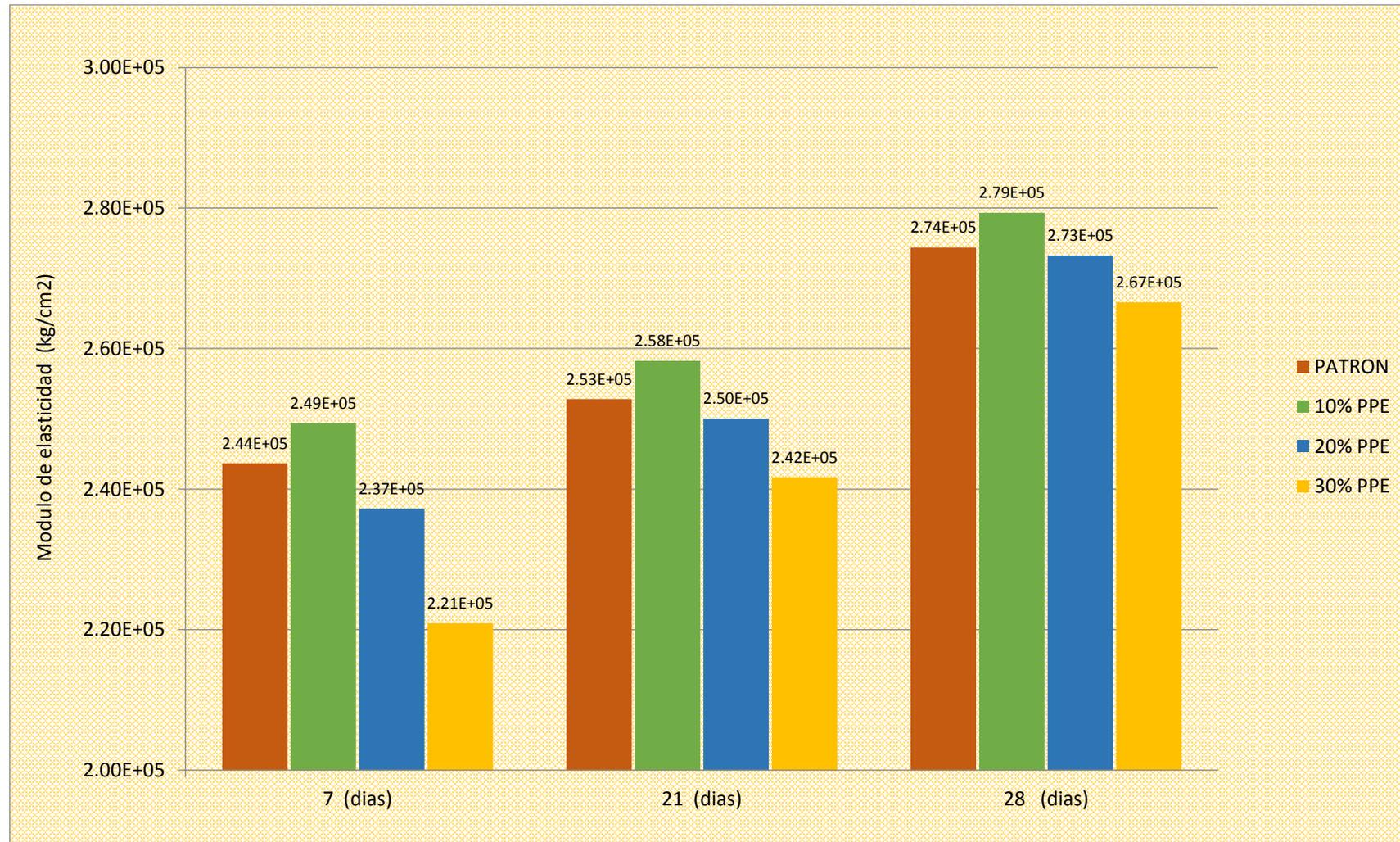


Figura 107: Comparación general de la evolución del módulo de elasticidad

### 4.3.10 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto patrón por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060

Tabla 208: Módulo de elasticidad de concreto patrón laboratorio y NTP E-060

comparación de módulo de elasticidad de concreto patrón laboratorio & ntp e-060			
descripción	7 (días)	21 (días)	28 (días)
patrón norma e -060	2.03e+05	2.01e+05	2.05e+05
patrón laboratorio	2.44e+05	2.53e+05	2.74e+05

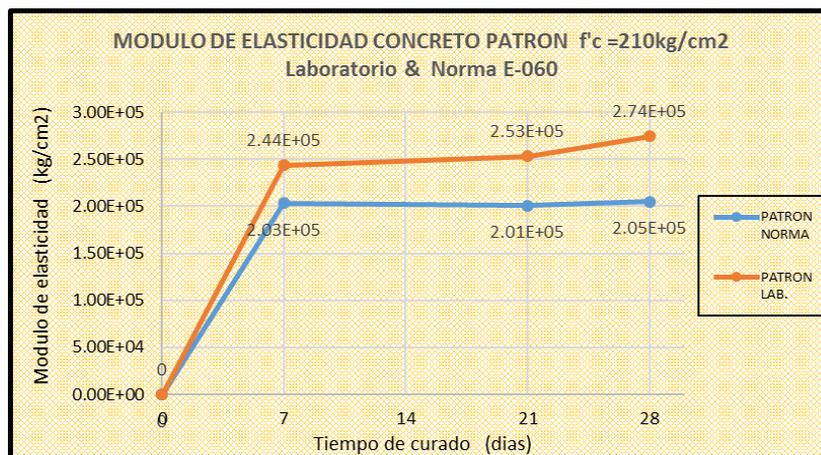


Figura 108: Módulo de elasticidad de concreto al 30% PPE de laboratorio y NTP E-060

### 4.3.11 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 10% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060

Tabla 209: Módulo de elasticidad de concreto al 10% de PPE laboratorio y NTP E-060

COMPARACIÓN DE MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO AL 10% PPE LABORATORIO & NTP E-060			
DESCRIPCIÓN	7 (días)	21 días)	28 (días)
PATRÓN NORMA E -060	1.91E+05	1.92E+05	1.94E+05
PATRÓN LABORATORIO	2.49E+05	2.58E+05	2.79E+05

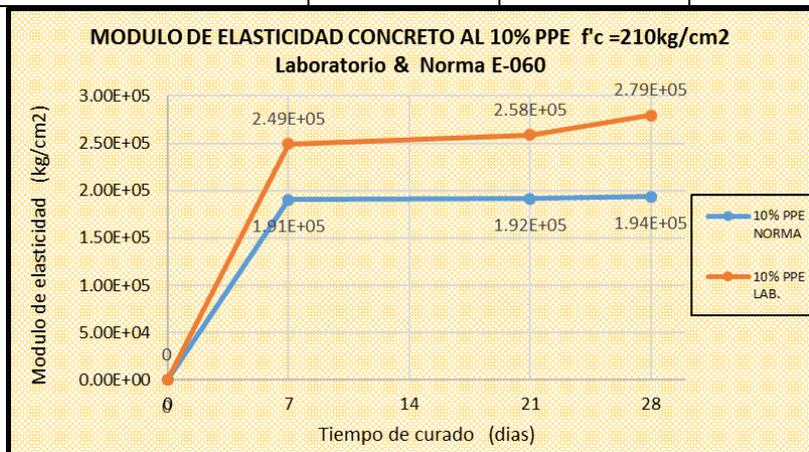


Figura 109: Módulo de elasticidad de concreto al 10% PPE de laboratorio y NTP E-060

### 4.3.12 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 20% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060

Tabla 210: Módulo de elasticidad de concreto al 20% de PPE laboratorio y NTP E-060

COMPARACIÓN DE MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO AL 20% PPE LABORATORIO & NTP E-060			
DESCRIPCIÓN	7 (días)	21 (días)	28 (días)
PATRÓN NORMA E -060	1.86E+05	1.85E+05	1.86E+05
PATRÓN LABORATORIO	2.37E+05	2.50E+05	2.73E+05

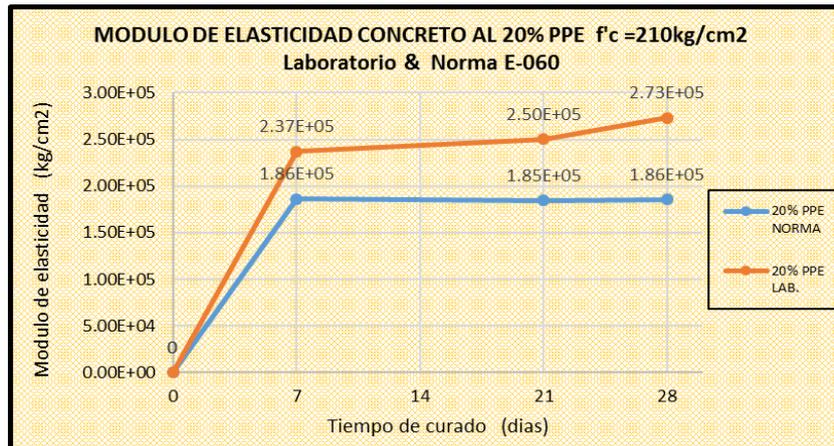


Figura 110: Módulo de elasticidad de concreto al 20% PPE de laboratorio y NTP E-060

### 4.3.13 Comparación del Módulo de Elasticidad del concreto al 30% PPE por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060

Tabla 211: Módulo de elasticidad de concreto al 30% de PPE laboratorio y NTP E-060

COMPARACIÓN DE MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO AL 30% PPE LABORATORIO & NTP E-060			
DESCRIPCIÓN	7 (días)	21 (días)	28 (días)
PATRÓN NORMA E -060	1.86E+05	1.72E+05	1.74E+05
PATRÓN LABORATORIO	2.21E+05	2.42E+05	2.42E+05

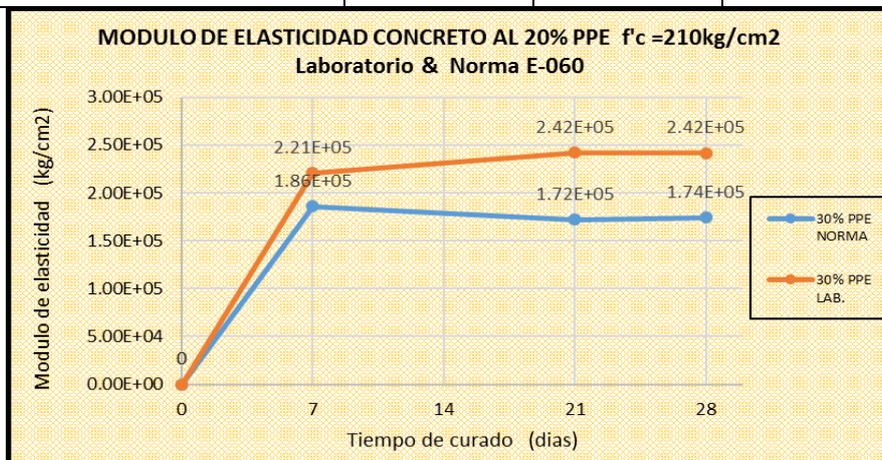


Figura 111: Módulo de elasticidad de concreto al 30% PPE de laboratorio y NTP E-060



#### 4.3.14 Módulo de Elasticidad de concretos por el tiempo de curado entre los resultados de laboratorio con la NTP E-060

Tabla 212: Módulo de Elasticidad de concretos de laboratorio con la NTP E-060

COMPARACIÓN DE MODULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETOS $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ LABORATORIO & NTP E-060 2			
TIPO CONCRETO	7 (días)	21 (días)	28 (días)
PATRÓN NORMA	2.03E+05	2.01E+05	2.05E+05
10% PPE NORMA	1.91E+05	1.92E+05	1.94E+05
20% PPE NORMA	1.86E+05	1.85E+05	1.86E+05
30% PPE NORMA	1.86E+05	1.72E+05	1.74E+05
PATRÓN LAB.	2.44E+05	2.53E+05	2.74E+05
10% PPE LAB.	2.49E+05	2.58E+05	2.79E+05
20% PPE LAB.	2.37E+05	2.50E+05	2.73E+05
30% PPE LAB.	2.21E+05	2.42E+05	2.42E+05

### 4.3.15 Comparación de la evolución del módulo de elasticidad a compresión por el tiempo de curado de resultados obtenidos en laboratorio entre la norma E-060

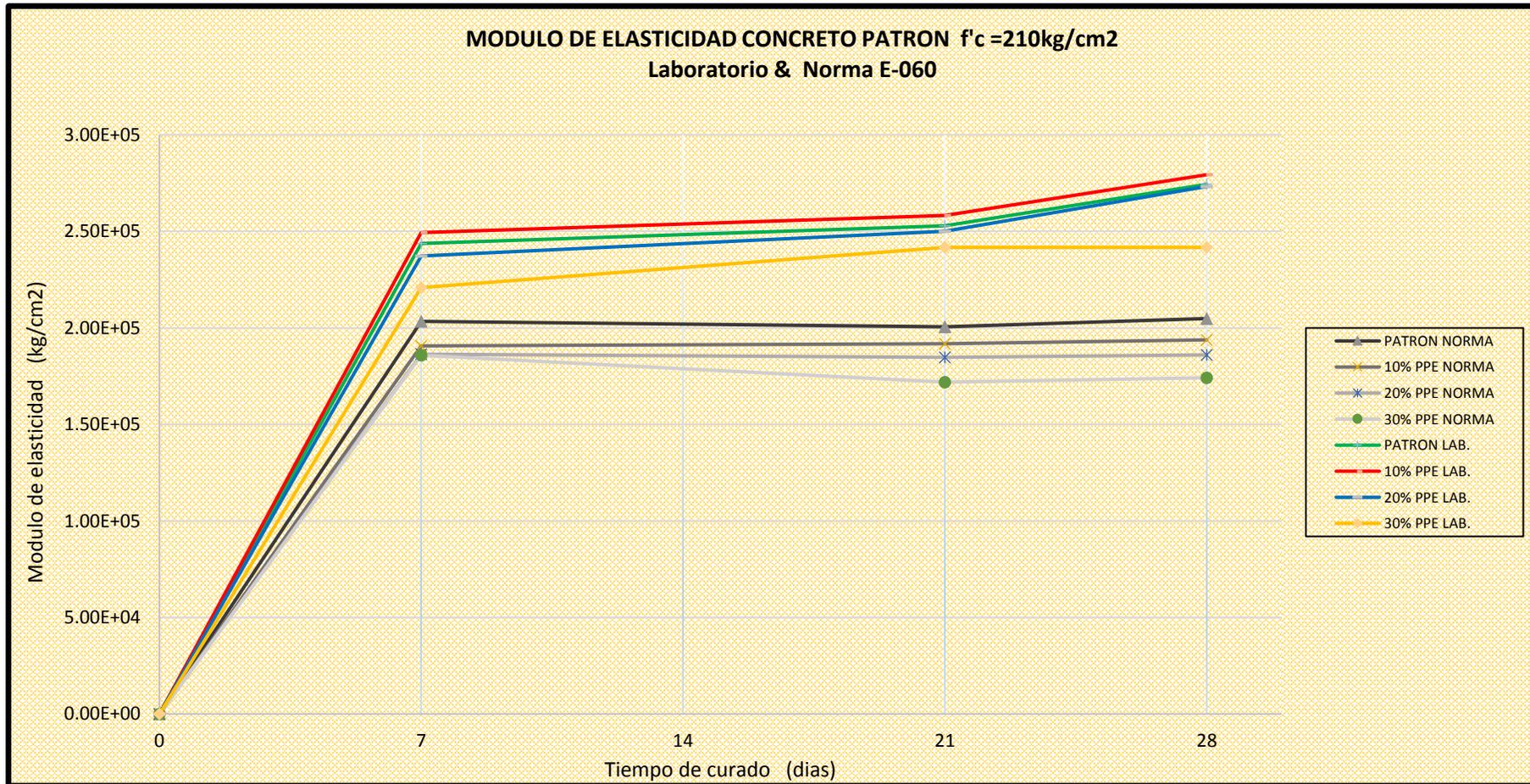


Figura 112: Comparación de resultados del módulo de elasticidad de laboratorio entre la NTP E-060



### 4.3.16 Comparación de la evolución del módulo de elasticidad a compresión de concretos en función al esfuerzo & deformación unitaria

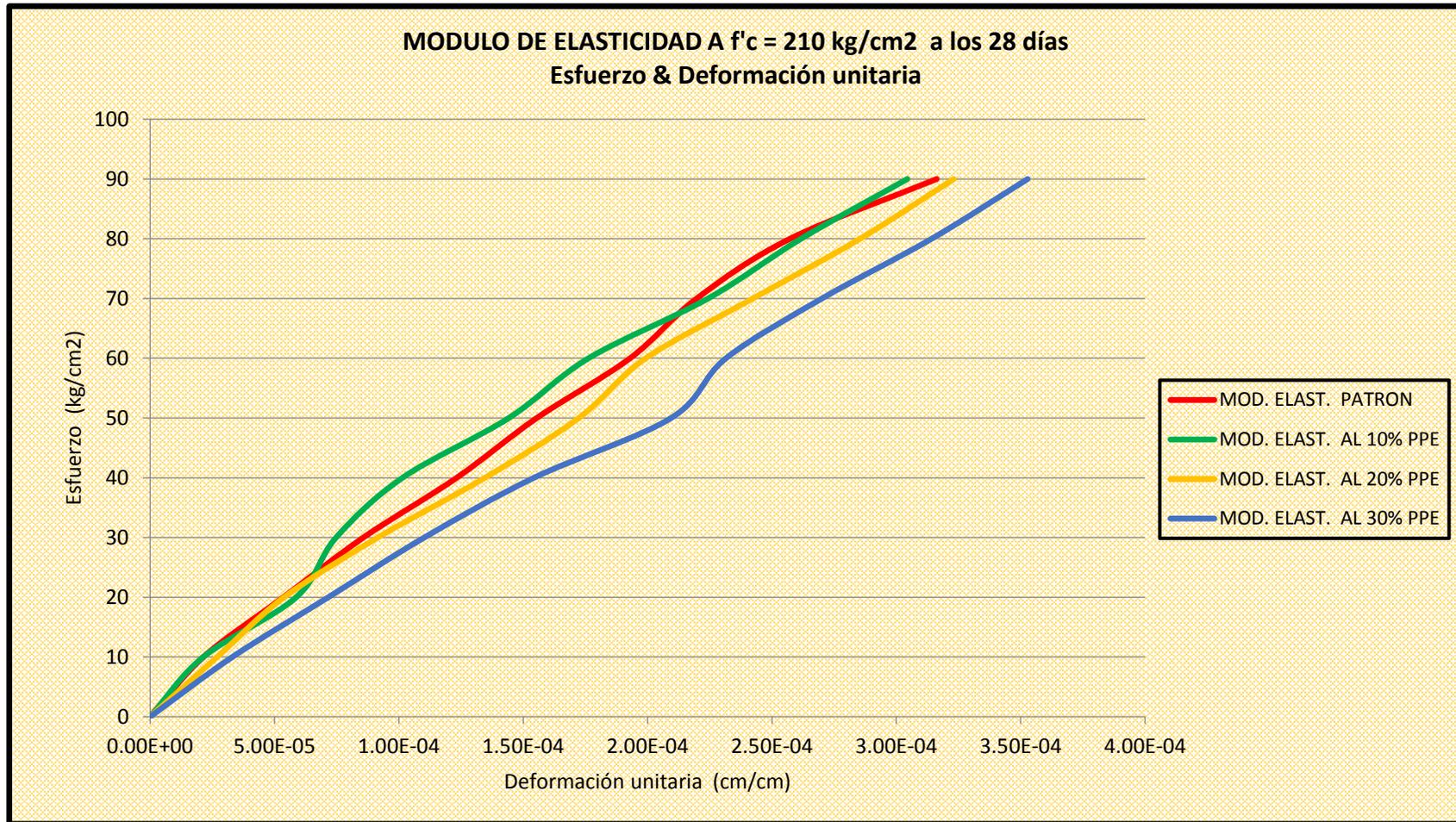


Figura 113: Evolución de Modulo de Elasticidad en función al esfuerzo y deformación unitaria a los 28 días

## CAPITULO V

### 5 DISCUSIÓN

En el inicio de la investigación se tuvieron muchas suposiciones, dudas del tema, creando también muchas discusiones, que a lo largo de la investigación fueron siendo resueltas, permitiéndonos así fortalecer nuestros conocimientos en el tema.

#### 5.1 CONTRASTE DE MARCO TEÓRICO

1. **¿La evolución de la resistencia de concreto sustituido con perlas de poliestireno expandido es semejante a la evolución del concreto patrón?**

Tal como lo dice el marco teórico en la página N° 49, donde indica que el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad, pero este aumento está ligado con un adecuado curado en el tiempo. Tal como observa en el capítulo 4 en la fig. N° 91 concreto patrón, fig. N° 92 concreto sustituido con 10 % de perlas de poliestireno expandido, fig. N° 93 concreto sustituido con el 20 % de perlas de poliestireno expandido, fig. 94 concreto sustituido con el 30 % de perlas de poliestireno expandido; estas son semejantes a la evolución del concreto patrón ya que también aumentan su resistencia con el paso del tiempo.

2. **¿A los 7 días que resistencia a la compresión obtuvo el concreto convencional?**

Tal como se muestra en el marco teórico en la página N° 49, donde indica que Se pueden utilizar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 65% a 75% de la resistencia a los 28 días. En la presente investigación el concreto patrón obtuvo una resistencia promedio del 151.64 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de curado, alcanzando este una resistencia de 70.67 % con respecto al concreto patrón que llego a una resistencia de 214.56 Kg/cm<sup>2</sup>. Estando dentro de lo requerido, tal como se muestra en la tabla N° 191 y se puede observar en la figura N° 91.

### **3. ¿A los 7 días que resistencia a compresión obtuvo el concreto modificado con el 10, 20 y 30 % de PPE?**

Tal como se muestra en el marco teórico en la página N° 49, donde indica que se pueden utilizar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 65% a 75% de la resistencia a los 28 días

En la presente investigación el concreto sustituido con 10 % de perlas de poliestireno expandido alcanzó una resistencia promedio de 162.92 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días de curado llegando a un 73.88 % con respecto al concreto a los 28 días que llegó a una resistencia de 220.52 Kg/cm<sup>2</sup>, estando dentro del rango establecido. Tal como se muestra en la tabla N° 192 y se puede observar en la figura N° 92.

Con respecto al concreto sustituido al 20 % de perlas de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia promedio de 147.54 Kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando un 75.50% con respecto al concreto a los 28 días de curado que llegó a una resistencia de 195.42 Kg/cm<sup>2</sup>, estando este valor dentro del rango establecido. Tal como se muestra en la tabla N° 193 y se puede observar en la figura N° 93

Con respecto al concreto sustituido al 30 % de perlas de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia promedio de 126.35 Kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando un 77.39 % con respecto al concreto a los 28 días de curado con el 30 % de perlas de poliestireno expandido que llegó a una resistencia de 163.25 Kg/cm<sup>3</sup>, estando dentro del rango establecido. Tal como se muestra en la tabla N° 194 y se puede observar en la figura N° 94.

### **4. ¿Existe alguna relación entre el peso y la resistencia a compresión del concreto patrón?**

En la presente investigación se puede afirmar que no existe relación alguna entre el peso y la resistencia, ya que el peso de un concreto convencional no tiene una tendencia al aumento o disminución de su peso, pero la resistencia a compresión nos demuestra que tiene una tendencia a aumentar de acuerdo al tiempo de curado.



**5. ¿Existe alguna relación entre el peso volumétrico y la resistencia a compresión de los concretos modificados al 10, 20 y 30 % de EEP?**

De los resultados obtenidos en la presente investigación se puede afirmar que existe una relación entre estos concretos que fueron sustituidos por poliestireno expandido donde a menor peso volumétrico menor es la resistencia alcanzada como se muestra, en la tabla N° 187 peso volumétrico y tabla N° 199 resistencia a compresión del capítulo 4 resultados.

**6. Existe alguna relación entre la resistencia a la compresión  $f'c$  y E módulo de elasticidad del concreto patrón**

Tal como se muestra en el marco teórico en la página 55 determinación del módulo de elasticidad estático según la norma E-060 del concreto, observando la formula nos indica que el módulo de elasticidad es directamente proporcional a la resistencia ya que a mayor resistencia mayor es el módulo de elasticidad; en la presente investigación se puede validar este enunciado ya que como muestra la tabla N° 191 que se observa en la figura 91 y en la tabla N° 200 del análisis de módulo de elasticidad de concreto patrón a mayor resistencia mayor es el módulo de elasticidad. Tal como se observa en la figura N° 100.

**7. Existe alguna relación entre la resistencia a la compresión  $f'c$  y E módulo de elasticidad e de los concretos modificados.**

Tal como se muestra en el marco teórico en la página 55 determinación del módulo de elasticidad estático según la norma E-060 del concreto, observando la formula nos indica que el módulo de elasticidad es directamente proporcional a la resistencia ya que a mayor resistencia mayor es el módulo de elasticidad; en la presente investigación se puede validar tal enunciado ya que como muestra el tabla N° 199 resistencia a compresión con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno tal como se puede observar en la figura N° 99 y la tabla N° 207 módulo de elasticidad de los concretos al 10%, 20% y 30% de sustitución de perlas de poliestireno expandido, estos tienden a disminuir tanto la resistencia como el módulo de elasticidad tal como se muestra en la figura N° 107.

## 5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 1. Al momento de comparar los resultados con respecto al peso volumétrico se puede afirmar:

Los resultados obtenidos fueron de la siguiente manera: para concreto patrón peso volumétrico promedio de 2301.97 Kg/m<sup>3</sup>, a los 28 días de curado; para el concreto sustituido con el 10 % de perlas de poliestireno expandido se obtuvo un peso volumétrico promedio de 2236.43 Kg/m<sup>3</sup>, a los 28 días de curado; para el concreto sustituido con el 20 % de perlas de poliestireno expandido se obtuvo un peso volumétrico promedio de 2173.39 Kg/m<sup>3</sup>, a los 28 días de curado; para el concreto sustituido con el 30 % de perlas de poliestireno expandido se obtuvo un peso volumétrico promedio de 2090.49 Kg/m<sup>3</sup>, a los 28 días de curado. De estos resultados podemos afirmar que a mayor cantidad de agregado fino sustituido por perlas de poliestireno expandido el peso volumétrico disminuye y estaría siendo directamente proporcional, tal como se puede mostrar en la tabla N° 187 y observar en la figura N° 87.

### 2. Al momento de comparar los resultados con respecto a la resistencia a compresión se puede afirmar:

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: para concreto patrón se obtuvo una resistencia de promedio de 214.56 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, para el concreto sustituido con el 10 % de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia promedio de 220.52 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado; para el concreto sustituido con el 20 % de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia promedio de 195.42 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado; para el concreto sustituido con el 30 % de poliestireno expandido se obtuvo una resistencia promedio de 163.25 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado. De estos resultados podemos afirmar que la máxima resistencia a compresión obtenida es al 10 % de sustitución de agregado fino por Perlas de Poliestireno Expandido según los resultados en laboratorio, el cual este podría ser utilizado en concretos estructurales. También se puede afirmar que a mayor cantidad de perlas de poliestireno expandido la resistencia disminuye, tal como se puede mostrar en la tabla N° 198 y observar en la figura N° 98.

**3. Al momento de comparar los resultados con respecto al módulo de elasticidad se puede afirmar:**

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: para concreto patrón se obtuvo un módulo de elasticidad promedio de  $2.74E+05$  Kg/cm<sup>3</sup> a los 28 días, para el concreto sustituido con el 10 % de poliestireno expandido se obtuvo un módulo de elasticidad promedio de  $2.79E+05$  Kg/cm<sup>3</sup> a los 28 días; para el concreto sustituido con el 20 % de poliestireno expandido se obtuvo un módulo de elasticidad promedio de  $2.73E+05$  Kg/cm<sup>3</sup> a los 28 días; para el concreto sustituido con el 30 % de poliestireno expandido se obtuvo un módulo de elasticidad promedio de  $2.67E+05$  Kg/cm<sup>3</sup> a los 28 días, tal como se puede mostrar en la tabla N° 207 y observar en la figura N° 107.

De acuerdo a estos resultados podemos afirmar que el módulo de elasticidad es directamente proporcional a la resistencia a compresión es decir a mayor resistencia a compresión mayor módulo de elasticidad y a menor resistencia a compresión menor módulo de elasticidad.

### **5.3 COMENTARIO DE LA DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

**1. Al momento de comparar las magnitudes de los resultados de la investigación, ¿Se mejoró las propiedades mecánicas en cuanto a la resistencia a compresión y peso volumétrico del concreto al ser sustituido el agregado fino por perlas de poliestireno expandido?**

Con respecto a las propiedades mecánicas del concreto al ser sustituido el agregado fino por Perlas de Poliestireno Expandido se obtuvo una mejora parcial, ya que el concreto con el 10 % de Perlas de Poliestireno Expandido obtuvo una resistencia de 220.52 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado siendo este incluso mayor al concreto patrón, mientras los concretos con el 20 % y 30 % de Perlas de Poliestireno Expandido llegaron a una resistencia promedio de 195.42 Kg/cm<sup>2</sup>, y 163.25 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente tal como se puede mostrar en la tabla N° 198 y se puede observar en la figura N° 98, siendo estos menores de lo esperado en la presente investigación. Mientras el peso volumétrico del concreto patrón es mayor que el peso volumétrico de concretos sustituidos y estos a su vez disminuyen su peso de acuerdo a los porcentajes sustituidos, tal como se muestra en la tabla N° 190 y figura N° 90.

**2. Al momento de comparar los resultados de la investigación, ¿Se observó alguna variación en el módulo de elasticidad del concreto patrón con la sustitución de perlas de poliestireno expandido?**

Con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón, se observó que con el 10% de Perlas de Poliestireno Expandido, el módulo de elasticidad aumenta 1.8 % con respecto al concreto patrón, mientras que en el concreto con el 20 % y 30 % de Perlas de Poliestireno Expandido disminuye en 0.42 % y 2.85% respectivamente con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días de curado, tal como se puede mostrar en la tabla N° 206 y observar en la figura N° 106.

**3. Al momento de comparar los resultados de la investigación, ¿Por qué el módulo de elasticidad tiende a disminuir cuando se sustituye en mayor porcentaje las perlas de poliestireno expandido?**

Luego de realizar las pruebas de rotura de briquetas se pudo evidenciar; que a mayor resistencia el módulo de elasticidad es mayor y a menor resistencia el módulo de elasticidad es menor; esto quiere decir que resistencia y módulo de elasticidad son directamente proporcionales.

#### **5.4 APORTE DE LA INVESTIGACIÓN**

1. Al momento de los resultados, se encontró la dosificación idónea de un concreto de menor peso volumétrico, pero con una buena resistencia a compresión sustituyendo el 10 % de agregado fino por perlas de poliestireno expandido, teniendo un resultado a los 7 días, un peso volumétrico de 2214.30 Kg/cm<sup>3</sup>, a los 21 días con un peso volumétrico de 2219.51 Kg/cm<sup>3</sup> y a los 28 días con un peso volumétrico de 2236.43 Kg/cm<sup>3</sup>.
2. De los resultados de la investigación se puede afirmar que se encontró que las dosificaciones al 10% y 20% de sustitución de agregado fino por perlas de poliestireno expandido pueden considerarse como concretos estructurales según la NTP E-060 en el ítem 9.4, sub ítem 9.4.1 que indica que la resistencia no debe ser inferior a 17 MPA como se observa en la tabla N° 198 y figura N° 98, donde nos muestran que sus resistencia a compresión a los 28 días superan los 17 MPA; por lo que estos concreto puede ser usados para



construcción de estructuras como en edificaciones en zapatas, columnas, vigas y losas de acuerdo a las dosificaciones indicadas para su construcción. Los concretos con 30% de sustitución de agregado fino por perlas de poliestireno expandido se pueden considerar concretos de uso estructural dentro del concreto simple según especifica la NTP E-060 en el ítem 22.2.4 y que estos concretos pueden ser usados para cimentaciones, muros de albañilería

3. De los resultados de la investigación se determinó que la rigidez de un concreto modificado al 10 % de perlas de poliestireno expandido es semejante a la rigidez de un concreto convencional, como se muestra en la tabla N° 198 y figura 98, comparación de concreto patrón y concretos con PEE; teniendo un resultado de  $f'c = 214 \text{ Kg/cm}^2$  para concreto patrón a los 28 días de curado y el resultado de  $f'c = 220 \text{ Kg/cm}^2$  para concreto con 10% de perlas de poliestireno expandido.
4. De los resultados de la investigación se ha podido determinar que el método utilizado para la combinación de agregados finos a fin de que se encuentre dentro de la curva granulométrica y favorecer una adecuada resistencia  $f'c$  del concreto fue el adecuado.
5. De los resultados de la investigación se ha podido identificar que el concreto sustituyendo agregado fino por perlas de poliestireno expandido al 20% y 30% se pueden utilizar para otros usos de menor resistencia ya que estos están con una resistencia a compresión  $f'c = 195.42 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'c = 163.25 \text{ Kg/cm}^2$ .
6. Para prevenir la corrosión de los aceros en las estructuras con concretos ligeros se le sugiere aumentar el recubrimiento y aplicar tarrajeo con impermealizantes de tal manera no haya contacto con la humedad.

## 5.5 INCORPORACIÓN DE TEMAS NUEVOS

### 1. Durante la investigación, ¿En el uso de perlas de poliestireno expandido existe alguna variación con respecto a revenimiento?

En la investigación realizada, se pudo observar que existe una variación en función al revenimiento ya que las Perlas de Poliestireno Expandido se encuentran en estado seco, al ser interactuados a la mezcla de concreto estas



absorben agua de la mezcla, por ende, esta sufre una variación con respecto al agua generando una mezcla seca y reduciendo el slump.

**2. Durante la investigación al momento de ser mezclados las perlas de poliestireno expandido en el concreto que comportamiento se pudo observar.**

Partiendo de la presente investigación se puede observar que las perlas de poliestireno expandido una vez añadida el agua hasta encontrar el slump requerido se incorporó a la mezcla del concreto, quedando uniformemente distribuida y adherida al resto de la masa formando una consistencia buena. Razón por la cual se registró valores de resistencias mayores en la sustitución hasta el 10% de perlas de poliestireno expandido.

**3. Los concretos con perlas de poliestireno expandido además de poseer menor peso volumétrico y mayor resistencia que propiedades físicas adicionales se puede estudiar.**

Para complementar a esta investigación se puede sugerir hacer estudios sobre el comportamiento acústico y térmico de concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido al agregado fino en construcciones de viviendas.



## GLOSARIO

**ABSORCIÓN:** Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

**ADITIVO:** Producto químico o mineral que modifica una o más propiedades de un material o mezcla de éstas.

**AGLOMERANTE:** Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

**AGREGADO:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**AGREGADO FINO:** Se considera agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz Nro. 4 (4.75 mm) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

**AGREGADO GRUESO:** Material retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO:** Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

**CANTERA:** Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

**CONCRETO:** Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

**CONO DE ABRAMS:** Molde con forma de cono trunco constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, que se usa para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco. Se conoce también como cono de asentamiento o SLUMP.

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.



**CUARTEO:** Procedimiento de reducción de la cantidad de una muestra.

**CURADO DE CONCRETO:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero.

**CURVA GRANULOMÉTRICA:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

**DISEÑO DE MEZCLAS:** Es el procedimiento mediante el cual se calculan o estiman las proporciones que deben existir entre los materiales que componen la mezcla, para lograr las propiedades deseadas para el concreto.

**DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO:** Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.

**DURABILIDAD:** Propiedad de un material o mezcla para resistir desintegración por efectos mecánicos, ambientales o de tráfico.

**FRAGUADO:** Fenómeno químico que consiste en el endurecimiento de las cales, cementos y yesos, sin que puedan ablandarse nuevamente.

**GRANULADO:** Dicho de una sustancia: Cuya masa forma granos pequeños

**GRANULOMETRÍA:** Estudio del tamaño y las características de los componentes de los sedimentos.

**INEI:** Es el órgano rector de los Sistemas Nacionales de Estadística e Informática en el Perú.

**MAGNITUD:** Propiedad de los cuerpos que puede ser medida como el tamaño, el peso o la extensión.

**MALLA:** Abertura cuadrada de un tamiz.

**MEZCLA:** Unión de dos o más sustancias en proporciones variables; que conservan sus propiedades.

**MUESTRA:** Es una porción representativa de un material.



**MODULO DE FINEZA:** Es el índice aproximado del tamaño medio de los agregados.

**PESO UNITARIO:** Es el cociente al dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

**RESISTENCIA:** Grado de tensión que puede recibir un objeto antes de que se rompa.

**SLUMP.-** Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.

**TAMAÑO MÁXIMO:** Menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

**TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:** Menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

**TRABAJABILIDAD:** Es aquella propiedad que determina el esfuerzo requerido para manejar una cantidad de concreto recién mezclado con el mínimo de homogeneidad al ser transportado y colocado.

**TAMIZ:** Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

**VACÍOS DE AIRE:** Vacíos de aire atrapado (aire ocluido) o burbujas de aire incluido en el concreto, mortero o grout. Los vacíos atrapados normalmente tienen un diámetro mayor que 1 mm y los vacíos incluidos son menores. La mayoría de los vacíos atrapados se debe remover a través de vibración interna, plantillas vibratorias o varilladas.

**VIBRACIÓN:** Agitación de alta frecuencia del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ab: Absorción

A.C.I.: Instituto Americano del Concreto.

ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.

CM2: Centímetro cuadrado

f'c: Resistencia a la compresión

g: Gramos

INEI: Instituto nacionales de estadística e informática

ITINTEC: Instituto de investigación tecnológica industrial y de normas técnicas.

Kf-F/cm<sup>2</sup>: Kilogramos fuerza por centímetro cuadrado.

Kg: Kilogramo.

KN: Kilo néwtones

m<sup>3</sup>: Metros Cúbicos

MF: Módulo de Fineza

MPA: Mega pascales

NTP : Norma Técnica Peruana

PE: Peso Específico

PPE: Perlas de poliestireno expandido.

PU: Peso Unitario

TM: Tamaño Máximo

TMN: Tamaño Máximo Nominal



## CONCLUSIONES

La presente investigación al finalizar con los ensayos, pruebas y resultados en la presente investigación nos permitió solucionar muchas suposiciones que se tenían sobre el tema en un inicio, permitiéndonos a su vez fortalecer nuestros conocimientos sobre el tema en mención. Las conclusiones finales a las cuales hemos podido llegar son las siguientes:

### CONCLUSIÓN N° 01

Si se logró demostrar la hipótesis general, La cual menciona que: **“Las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto ligero fabricado con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido son diferentes respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional con agregados de la cantera de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora-Chincheru (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días”**. Según los resultados obtenidos como muestra en el capítulo IV se observa que las magnitudes de resistencia a compresión para el concreto convencional es diferente a las magnitudes de la resistencia a compresión de concretos elaborados con sustitución de perlas de poliestireno expandido tal como se muestra en el tabla N° 199 y la figura N° 99 que nos demuestran que las magnitudes obtenidas son diferentes.

Las magnitudes del del peso volumétrico del concreto convencional tienen magnitudes diferentes en comparación con las magnitudes con sus pesos volumétricos de los concretos sustituidos por perlas de poliestireno expandido tal como nos demuestra el tabla N° 191 y la Figura N° 91 que se observa que existe una diferencia en las magnitudes de sus pesos volumétricos.

Las magnitudes del módulo de elasticidad para el concreto convencional es diferente a las magnitudes de los módulos de elasticidad de concretos elaborados con sustitución de perlas de poliestireno expandido tal como se muestra en el tabla N° 207 y la figura N° 107 que demuestran que las magnitudes calculados encontrados son diferentes.



### CONCLUSIÓN N° 02

Se logró demostrar la sub hipótesis N° 01, el cual indica **“La obtención de un concreto con perlas de poliestireno expandido de mayor resistencia a compresión y menor peso volumétrico a la vez se alcanzará a menor porcentaje de perlas de poliestireno expandido en comparación con un concreto convencional.”** Los resultados obtenidos nos demuestran que la resistencia de un concreto sustituido al 10% con perlas de poliestireno expandido es mayor en comparación con los demás dosificaciones hechas en esta investigación tal como nos muestra los tablas N° 191, N° 192 y las figuras N° 91 y N° 92 donde sus magnitudes de resistencia del concreto sustituidos con 10% de perlas de poliestireno al agregado fino son mayores en comparación Al concreto patrón convencional y los demás concretos elaborados, como se puede observar en detalle en el tabla N° 199 y la figura N° 99

En tanto se puede afirmar que el peso volumétrico del concreto con 10% de sustitución de perlas de poliestireno expandido es menor en comparación con el concreto convencional patrón tal como se muestran en el tabla N° 187 y la figura N° 87 que demuestran que las magnitudes de los pesos volumétricos del concreto con 10% de perlas de poliestireno expandido es menor en comparación con el concreto patrón convencional.

### CONCLUSIÓN N° 03

Se logró demostrar la sub hipótesis N° 02, la cual que menciona que **“La resistencia a compresión del concreto con perlas de poliestireno expandido es proporcional a la sustitución de perlas de poliestireno expandido en comparación con el concreto convencional”**. Según los resultados obtenidos se puede afirmar que es directamente proporcional hasta un 10% de sustitución de perlas de poliestireno expandido porque la resistencia a compresión en comparación que el concreto convencional patrón aumenta y es inversamente proporcional con 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido porque a mayor porcentaje de perlas de poliestireno la resistencia disminuye tal como se muestran los tablas N° 191, N° 192, N° 193 y N° 194 del Capítulo IV.



#### CONCLUSIÓN N° 04

No se logró demostrar la sub hipótesis N° 03 la cual indica **“La magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto con las perlas de poliestireno expandido es semejante a la magnitud del módulo elasticidad a compresión de un concreto convencional.”** según los resultados obtenidos se puede afirmar que el módulo de elasticidad para concretos con perlas de poliestireno expandido no guardan ninguna semejanza ya que lo valores obtenidos no guardan una proporcionalidad con relación al concreto patrón convencional. Tal como se muestra las magnitudes del módulo de elasticidad en los tabla N° 200, N° 201, N° 202 y N° 203 a los 7, 21 y 28 días y se puede visualizar en las figura N° 100, 101, 102 y 103 el comportamiento de los módulos de elasticidad de los concretos estudiados.



## RECOMENDACIONES

### RECOMENDACIONES N° 01

Se recomienda mezclar el agregado fino de la cantera del sector Chancadora del distrito de Chinchero con el agregado fino de Cunyac para poder cumplir con lo establece la NTP 400.037, debido a que los agregados finos no cumplen con la granulometría especificada en la norma.

### RECOMENDACIÓN N° 02:

Se recomienda la nivelación de las superficies donde serán colocadas las briquetas de tal forma que garanticen la planicidad en la parte superior e inferior de los testigos y que no influyan para el armado de anillos al momento de realizar la prueba del ensayo de módulo de elasticidad.

### RECOMENDACIÓN N° 03:

Se recomienda el uso de poliestireno expandido modificado en concretos estructurales con sustitución de perlas de poliestireno expandido hasta el 10% al agregado fino ya que la resistencia a la compresión es superior a 210 kg/cm<sup>2</sup> (concreto patrón).

### RECOMENDACIÓN N° 04:

Se recomienda el uso de poliestireno expandido modificado para muros no estructurales con sustitución de perlas de poliestireno expandido hasta el 20% y, 30% al agregado fino ya que la resistencia a la compresión es inferior a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### RECOMENDACIÓN N°05:

Se recomienda usar los valores obtenidos de nuestro estudio en el análisis de estructuras para la construcción de las edificaciones en la ciudad de Cusco.

### RECOMENDACIÓN N°06:

Se recomienda desarrollar nuevas investigaciones usando concretos con sustitución de perlas de poliestireno expandido al agregado fino en diferentes porcentajes a los 28 días curado, de tal manera que ayude en hallar la constante  $k$  para hallar el módulo de elasticidad para diferentes proporciones de sustitución con perlas de poliestireno expandido  $E_{PPE} = k\sqrt{f'c}$

**RECOMENDACIÓN N° 07:**

Se recomienda a la Universidad Andina del Cusco implementar su laboratorio con equipos que pueden leer directamente las lecturas de extensómetro con sincronización a la máquina de rotura, de tal manera optar resultados con más precisión y evitar de esta manera que se pueda cometer errores en la anotación de los valores.

**RECOMENDACIÓN N°08:**

Se recomienda realizar nuevas investigaciones haciendo uso de diferentes canteras de la ciudad de Cusco y así determinar el módulo de elasticidad promedio para concretos sustituidos en diferentes porcentajes por perlas de poliestireno expandido para la ciudad del Cusco.

**RECOMENDACIÓN N° 09**

Se recomienda elaborar testigos de concreto de tamaño estándar 6" x 12" para el ensayo del módulo de elasticidad ya que los anillos que existen en el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco son exclusivos para esta medida.

**RECOMENDACIÓN N°10:**

Se recomienda tomar en cuenta los diámetros de las briquetas y la uniformidad de estas puesto que los cabezales móviles inferior y superior de la máquina de rotura a compresión no dan para diámetros mayores a 6" de esta forma no afectar en realización del ensayo de módulo de elasticidad, ya que la universidad no cuenta con cabezales de neopreno para mayores de 6" .de diámetro.

**RECOMENDACIÓN N°11:**

Se recomienda a la Universidad Andina del Cusco adquirir briquetas de dimensiones estándar y de material no deformable de tal manera no influya en los testigos a elaborar tanto en sus dimensiones como pesos

**RECOMENDACIÓN N°12:**

Se recomienda para las futuras investigaciones hacer ensayos de evaluación de resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de 6" x 12" cargadas diametralmente, conocido como ensayo a compresión diametral (Split Test)



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enrique Pasque Carbajal; "Tópicos de tecnología del concreto".
- Abanto Castillo, Flavio 1993. Tecnología del concreto, Perú. Editorial "San Marcos". 242 paginas.
- Cachay Huamán Rafael 1995. Diseño de mezclas. UNI
- Torre C. Ana. Curso Básico de tecnología del Concreto de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Portugal Barriga, Pablo-Tecnología del concreto de alto desempeño-1990
- Hibbeler, Rusell C. Mecánica de Materiales. México: Cecsca. 1994.
- NTP 339.035 1999 HORMIGON. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrahms 2da. ed.
- NTP 339.077 2003 HORMIGON (CONCRETO). Métodos de ensayos normalizados para la exudación del hormigón (concreto) 2da. ed.
- NTP 339.082 2001 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración 2da. ed.
- NTP 339.088 2006 HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.183 2003 HORMIGON (CONCRETO). Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.
- NTP 339.215 2007 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores.



## REFERENCIAS DE INTERNET

- Anónimo. Diseño de mezclas.  
<http://www.fic.imcyc.com.mx/concurso-apuntes.html>  
Consultado el 11/07/2013.
  
- Navarro Álvarez Rafael. Tesis del Instituto Politécnico Nacional – Diseño por Durabilidad de Estructuras de Concreto.  
<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/2012/DIS>  
Consultado el 15/07/2013.
  
- Vilca Aranda Patricia. Tesis de Grado de la UNI – Obtención del Concreto de Alta Resistencia.  
[http://www.asocem.org.pe/web/tesis/tesis\\_febrero2009.pdf](http://www.asocem.org.pe/web/tesis/tesis_febrero2009.pdf)  
Consultado el 18/07/2013.
  
- Zarco G. Noemí. Un Concreto con fibra.  
<http://www.imcyc.com/cyt/junio02/fibra.htm>  
<http://www.imcyc.com/junio02/fibra.htm>  
Consultado el 22/06/2013.



**ANEXO**



Título: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO DE CONCRETOS CONVENCIONALES Y CONCRETOS LIGEROS FABRICADOS CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (PPE).”

Autor: FERDINAN SAAVEDRA ARGANDOÑA y FERNANDO CCORIMANYA SOTA

Institución: UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO-FACULTAD DE INGENIERÍA y ARQUITECTURA-ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Lugar y fecha: Cusco, 2018

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTALES
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál son las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto ligero fabricado con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional con agregados de las canteras de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora del distrito de Chinchero evaluados a 7, 21 y 28 días?</p> <p><b>Formulación del problema:</b></p> <p>1. ¿Cuál será el porcentaje de perlas de poliestireno expandido reemplazando</p>	<p><b>Objetivo general :</b></p> <p>Evaluar comparativamente las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto sustituidos al 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional preparado con agregados de la cantera de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora-Chinchero (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p>	<p><b>Hipótesis General.</b></p> <p>“Las magnitudes de resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad a compresión de concreto ligero fabricado con 10%, 20% y 30% de perlas de poliestireno expandido es diferente respecto a las magnitudes de la resistencia a compresión, peso volumétrico y el módulo de elasticidad de un concreto convencional con agregados de la cantera de Cunyac (Apurímac) y del sector Chancadora-Chinchero (Cusco) evaluados a 7, 21 y 28 días</p> <p><b>Sub Hipótesis</b></p>	<p><b>V. Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnitud de resistencia a compresión</li> <li>• Magnitud de peso volumétrico</li> <li>• Magnitud de módulo de elasticidad</li> </ul>	<p><b>V. Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ kg/cm<sup>2</sup></li> <li>➤ kg/cm<sup>3</sup></li> <li>➤ kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hojas de calculo</li> <li>➤ Formatos de laboratorio</li> <li>➤ Moldes cilindricos</li> <li>➤ Equipo</li> <li>➤ Horno con temperatura</li> <li>➤ Balanza.</li> <li>➤ Recipiente.</li> <li>➤ Tamices</li> <li>➤ Agitador eléctrico.</li> </ul> <p><b>EQUIPOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tamizado de la arena</li> <li>➤ -Cámara filmadora</li> <li>➤ -Equipo para medición de resistencia a la compresión del concreto.</li> <li>➤ Equipo para medición de módulo de elasticidad a la compresión del concreto</li> <li>➤ Balanza</li> </ul>



<p>al 10%, 20% y 30% al concreto que permita a la vez obtener la máxima resistencia a compresión y un menor peso volumétrico del concreto sustituido en comparación con el concreto convencional?</p> <p>2. ¿Cómo evoluciona la resistencia a compresión de concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido en relación a la resistencia a compresión del concreto convencional a los 7, 21 y 28 días?</p> <p>3. ¿Cuál es la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de concretos sustituidos con perlas de poliestireno expandido en comparación a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión del concreto convencional evaluados a 7, 21 y 28 días?</p>	<p>1. Determinar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para obtener a la vez un concreto de máxima resistencia a compresión y menor peso volumétrico en comparación de un concreto convencional.</p> <p>2. Determinar cómo evoluciona la resistencia a compresión del concreto con perlas de poliestireno expandida en relación a la resistencia a compresión de un concreto convencional a los 7, 21 y 28 días.</p> <p>3. Determinar la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de concretos con perlas de poliestireno expandido en comparación a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto convencional evaluados a los 7, 21 y 28 días</p>	<p>1. La obtención de un concreto con perlas de poliestireno expandido de mayor resistencia a compresión y menor peso volumétrico a la vez se alcanzará a menor porcentaje de perlas de poliestireno expandido en comparación con un concreto convencional.</p> <p>2. La resistencia a compresión del concreto con perlas de poliestireno expandido es proporcional a la sustitución de perlas de poliestireno expandido en comparación con el concreto convencional.</p> <p>3. La magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto con las perlas de poliestireno expandido es semejante a la magnitud del módulo de elasticidad a compresión de un concreto convencional.</p>	<p><b>V. Independiente</b></p> <p>➤ Porcentajes de Perlas de poliestireno expandido</p>	<p><b>V. Independiente</b></p> <p>➤ Porcentajes (%)</p>	<p>➤ Recipiente</p>
--	--	---	---	---	---------------------