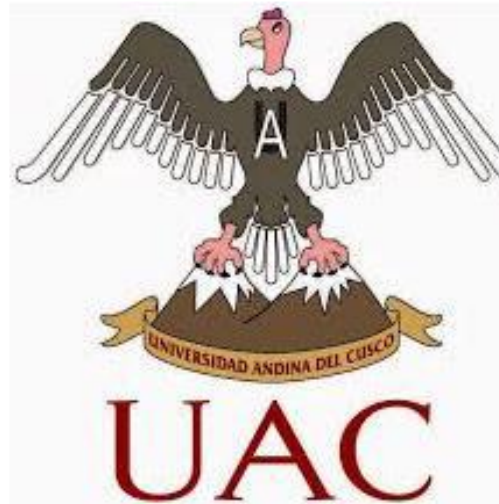




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL
CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO
GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO”**

Presentado por: ENMANUEL FIGUEROA GARCÍA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Asesor : ING. EDSON SALAS FORTÓN

CUSCO-PERÚ

2019



Dedicatoria

A Dios, a la Virgen María Auxiliadora, Don Bosco

A mi Madre y a mi Padre.

A mis hermanas y a mi familia

A mi esposa.

A mis docentes, compañeros y amigos



Agradecimientos

Mi gratitud para todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación, sería largo mencionar a cada uno y podría, sin querer, obviar a alguno.

Sin embargo, quisiera agradecer en particular al
Ing. Edson Salas Fortón



Resumen

Lo más resaltante del estudio de un concreto ligero es la densidad, y se pudo evidenciar que se pueden obtener concretos con menor densidad que un concreto normal con resistencias que cumplen ciertas normativas y pueden ser usadas en la construcción, quizás por el momento no en elementos estructurales, pero en otros elementos en la construcción si, con el fin por ejemplo de reducir la carga muerta, mayor rapidez en la construcción, aislamiento, etc. En el presente trabajo se realizaron mezclas de concreto patrón y 4 mezclas con variaciones de cantidades de perlas de Poliestireno Expandido, que se incluyó en la mezcla en reemplazo del agregado grueso. Este reemplazo se realizó gradualmente primero reemplazando el 25% del Agregado Grueso en volumen por las perlas de Poliestireno Expandido, posteriormente se realizó con un 50%, 75% y 100%. Para dicho análisis se utilizaron materiales de la zona, teniendo que combinar dos agregados finos para de esta manera cumplir los requisitos de la norma y utilizar un agregado grueso huso 57 para el diseño. Se realizaron los diseños con cemento HE, aditivo reductor de agua y retardante de fragua para obtener las condiciones deseadas de slump de 4" a 6", llegando el concreto patrón a resistencias esperadas. En función a los resultados obtenidos, en el capítulo IV se presentan las conclusiones a las que se llegaron en la presente investigación, la resistencia y la densidad está en el rango de los denominados concretos ligeros de resistencia moderada, esto para uso no estructural. El uso del reductor de agua y retardante de fragua ayudo a mejorar la resistencia del concreto con 280 Kg/m³ de cemento y una relación a/c de 0.65, también se llegó a la conclusión de que aumentando las perlas de poliestireno expandido, el valor del asentamiento aumenta, reduce el peso del concreto y la resistencia a la compresión disminuye.

Palabras clave: Concreto ligero, densidad, resistencia a compresión, perlas de poliestireno expandido.



Abstract

The highlight of the study of a lightweight concrete is density, and it could be evidenced that concrete with lower density can be obtained than a normal concrete with strengths that meet certain regulations and can be used in construction, perhaps for the moment not in elements structural, but in other elements in the construction if, in order for example to reduce dead load, faster construction, insulation, etc. In the present work, mixtures of standard concrete and 4 mixtures with variations of quantities of Expanded Polystyrene beads were made, which was included in the mixture in replacement of the coarse aggregate. This replacement was done gradually first by replacing 25% of the Coarse Aggregate in volume with the Expanded Polystyrene beads, then it was done with 50%, 75% and 100%. For this analysis, materials from the area were used, having to combine two fine aggregates in order to meet the requirements of the standard and use a thick spindle aggregate 57 for the design. The designs were made with HE cement, water reducing additive and forge retardant to obtain the desired slump conditions from 4" to 6", reaching the concrete pattern at expected strengths. Based on the results obtained, the conclusions reached in this investigation are presented in Chapter IV, the resistance and density are in the range of so-called light concrete of moderate resistance, this for non-structural use. The use of the water reducer and forge retardant helped to improve the strength of the concrete with 280 kg of cement and ratio water / cement of 0.65, it was also concluded that by increasing the expanded polystyrene beads, the settlement value increases, reduces the weight of concrete and compressive strength decreases.

Keywords: Lightweight concrete, density, compressive resistance, expanded polystyrene beads.



Índice General

Agradecimientos.....	II
Resumen.....	III
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	XIII
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.2.1 Justificación técnica.....	3
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 Limitaciones geográficas.....	4
1.3.2 Limitaciones de estudio.....	4
1.3.3 Limitación con respecto a los materiales.....	5
1.3.4 Limitación de pruebas.....	5
1.3.5 Limitaciones según los equipos utilizados.....	6
1.4 Objetivos de investigación.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
Capítulo II: Marco Teórico.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.....	7
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.....	10
2.2. Aspectos teóricos pertinentes.....	13
2.2.1. Concreto.....	13
2.2.2. Clasificación del concreto.....	14
2.2.3. Propiedades del concreto fresco.....	15
2.2.4. Propiedades del concreto endurecido.....	17
2.2.5. Concreto ligero.....	19
2.2.6. Clasificación del concreto ligero.....	19
2.2.7. Concreto bombeable.....	21
2.2.8. Cemento Portland.....	22
2.2.9. Mecanismo de hidratación.....	26
2.2.10. Etapas del proceso de hidratación.....	27
2.2.11. Agua.....	28
2.2.12. Curado del concreto.....	29
2.2.13. Agregados.....	30
2.2.14. Aditivos.....	35
2.2.15. Poliestireno expandido.....	36
2.2.16. Diseño de mezcla del concreto.....	45
2.2.16.1. Método DIN – 1045.....	45



2.2.17.	Ensayo de consistencia.....	50
2.2.18.	Ensayo de resistencia a la compresión	51
2.3.	Hipótesis.....	53
2.3.1.	Hipótesis general	53
2.3.2.	Sub hipótesis	53
2.4.	Definición de variables.....	54
2.4.1.	Variables dependientes.....	54
2.4.2.	Variables independientes.....	54
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables.....	55
Capítulo III: Metodología.....		56
3.1.	Metodología de la investigación	56
3.1.1.	Enfoque de la investigación	56
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación	56
3.1.3.	Método de la investigación	56
3.2.	Diseño de la Investigación	57
3.2.1.	Diseño metodológico.....	57
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	58
3.3.	Población y muestra	59
3.3.1.	Población.....	59
3.3.2.	Muestra.....	59
3.3.3.	Criterios de inclusión	61
3.4.	Instrumentos	61
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	61
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería	67
3.5.	Procedimiento de Recolección de Datos	70
3.5.1.	Granulometría de los agregados	70
3.5.2.	Peso específico y absorción.....	79
3.5.3.	Material que pasa la Malla N° 200.....	85
3.5.4.	Contenido de Humedad natural.....	87
3.5.5.	Consistencia (NTP 339.035)	91
3.5.6.	Densidad (peso unitario), rendimiento (NTP 339.046).....	94
3.5.7.	Resistencia a la compresión (NTP 339.034)	97
3.6.	Procedimiento de Análisis de datos	105
3.6.1.	Análisis granulométrico de los Agregados.....	105
3.6.2.	Peso específico y absorción.....	113
3.6.3.	Material que pasa la malla N° 200	119
3.6.4.	Contenido de humedad natural.....	120
3.6.5.	Diseño de mezcla	123
3.6.6.	Consistencia	131
3.6.7.	Densidad (peso unitario), rendimiento	135
3.6.8.	Resistencia a la compresión	139
Capitulo IV: Resultados		149
Capítulo V: Discusión		152
Glosario		156
Conclusiones		158
Recomendaciones.....		160



Referencias	161
Anexos.....	164
Apéndices	166



Índice de tablas

Tabla 1 Consistencia / Asentamiento	16
Tabla 2 Especificaciones técnicas que cumple el cemento YURA HE en otros países	25
Tabla 3 Valores aceptados como máximos para el agua	29
Tabla 4 Tamices Estandar ASTM	33
Tabla 5 Requisitos granulométricos para el agregado fino	34
Tabla 6 Requisitos granulométricos para el agregado grueso	35
Tabla 7 Propiedades químicas del EPS	40
Tabla 8 Coeficiente de variación (v) en función del grado de control	46
Tabla 9 Factor t que depende del % de resultados	46
Tabla 10 TNM de agregado grueso	47
Tabla 11 Curva granulométrica límite para mezclas con áridos con un tamaño máximo de 32mm.....	49
Tabla 12 Tolerancia permisible de tiempo de ensayo	53
Tabla 13. Cuadro de operacionalización de variables	55
Tabla 14 Distribución de muestras para ensayar	60
Tabla 15 GRD - Granulometría del agregado fino	61
Tabla 16 GRD - Granulometría del agregado grueso.....	62
Tabla 17 GRD – Granulometría de las perlas de EPS.....	63
Tabla 18 GRD - Peso específico y absorción del agregado fino.....	64



Tabla 19 GRD - "Peso específico y absorción del agregado grueso	64
Tabla 20 Material que pasa la Malla N° 200.....	65
Tabla 21 Contenido de humedad para agrega fino y grueso	65
Tabla 22 Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams	66
Tabla 23 Densidad (peso unitario), rendimiento	66
Tabla 24 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión.....	67
Tabla 25 Medida de muestras.....	70
Tabla 26 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	71
Tabla 27 Toma de datos - Granulometría de Agregado fino - Cantera Vicho	73
Tabla 28 Toma de datos - Granulometría de Agregado fino - Cantera Abril	74
Tabla 29 Toma de datos - Granulometría de Agregado grueso - Cantera Candia	76
Tabla 30 Toma de datos - Granulometría - Peso específico de las Perlas de EPS.....	78
Tabla 31 Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado fino - Cantera Vicho....	81
Tabla 32 Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado fino - Cantera Abril.....	82
Tabla 33 Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado grueso - Cantera Candia	84
Tabla 34 Toma de datos – Material que pasa la malla N°200 - Agregado fino - Cantera Vicho	86
Tabla 35 Toma de datos - Material que pasa la malla N°200 - Agregado fino - Cantera Abril	87
Tabla 36 Toma de datos - Contenido de humedad para agrega fino - Cantera Vicho	88



Tabla 37	Toma de datos - Contenido de humedad para agrega fino - Cantera Abril.....	89
Tabla 38	Toma de datos - Contenido de humedad para agregado grueso - Cantera Candia...	90
Tabla 39	Toma de datos - Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams	92
Tabla 40	Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-0-26.....	95
Tabla 41	Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-0-28, D-1-28, D-2-28 ..	96
Tabla 42	Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-1-29, D-2-29	96
Tabla 43	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-26.....	99
Tabla 44	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-28.....	100
Tabla 45	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-28.....	101
Tabla 46	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-28.....	102
Tabla 47	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-29.....	103
Tabla 48	Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-29.....	104
Tabla 49	Análisis de datos - Granulometría del agregado fino - Cantera Abril.....	106
Tabla 50	Análisis de datos - Granulometría del agregado fino - Cantera Vicho	107
Tabla 51	Análisis Granulométrico - Agregado fino combinado 16%-84%	108
Tabla 52	Análisis Granulométrico - Agregado Grueso.....	111
Tabla 53	Granulometría de las perlas de EPS	112
Tabla 54	Análisis Peso específico y absorción - Arena gruesa natural zarandeada - Cantera Vicho	114
Tabla 55	Análisis Peso específico y absorción - Arena fina natural - Cantera Abril.....	115



Tabla 56	Análisis Peso específico y absorción - Agregado grueso - Cantera Candia.....	116
Tabla 57	Análisis Peso específico y absorción - Perlas de Poliestireno Expandido EPS	118
Tabla 58	Análisis Material pasante Malla N°200 - Arena gruesa.....	119
Tabla 59	Análisis Material pasante Malla N°200 - Arena fina	120
Tabla 60	Análisis de Humedad Natural del Agregado Fino - Arena Gruesa	121
Tabla 61	Análisis de Humedad Natural del Agregado Fino - Arena Fina	122
Tabla 62	Análisis de Humedad Natural del Agregado Grueso - Piedra Chancada.....	123
Tabla 63	Resumen - Propiedades físicas de los componentes del Concreto Ligero	123
Tabla 64	Coefficiente de variación (v)seleccionado en función del grado de control	124
Tabla 65	Factor t seleccionado que depende del % de resultados.....	124
Tabla 66	Volumen unitario de agua	126
Tabla 67	Contenido de aire atrapado.....	127
Tabla 68	Porcentaje de dosificación de Agregados y características	130
Tabla 69	Diseño de mezcla – DIN 1045	131
Tabla 70	Diseño corregido	131
Tabla 71	Asentamiento del hormigón - 0% EPS.....	132
Tabla 72	Asentamiento del hormigón - 0% EPS - 25% EPS - 50% EPS.....	133
Tabla 73	Asentamiento del hormigón - 75% EPS - 100% EPS	134
Tabla 74	Densidad - Rendimiento del Concreto Patrón.....	136
Tabla 75	Densidad - Rendimiento de los diseños D-0-28 D-1-28 D-2-28.....	137



Tabla 76 Densidad - Rendimiento de los diseños D-1-29 D-2-29	137
Tabla 77 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-26	140
Tabla 78 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-28	141
Tabla 79 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-28	142
Tabla 80 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-28	143
Tabla 81 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-29	144
Tabla 82 Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-29	145
Tabla 83 Resumen de la Resistencia a la Compresión	145
Tabla 84 Resistencia a la compresión - densidad	147
Tabla 85 Asentamiento Vs Tiempo de los diferentes diseños (variaciones % EPS)	148
Tabla 86 Resistencia a la Compresión – Densidad – Valores de la Norma	150
Tabla 87: Matriz de consistencia	165
Tabla 88 Granulometría - Agregado Grueso - Huso 57 y 67	166



Índice de figuras

Figura 1: Estructura de edificación en la ciudad del Cusco	2
Figura 2: Esquemática de la formación e hidratación del cemento Portland	27
Figura 3: Formula del EPS	37
Figura 4: Comparación del tamaño de la materia prima con el de EPS pre expandido	38
Figura 5: Carga VS Deformación.....	38
Figura 6: Composición de los Residuos Sólidos en España.....	41
Figura 7: Fabricación de espuma rigida de EPS	42
Figura 8: Procedimiento de reciclado de EPS	44
Figura 9: Equipo para ensayo de asentamiento	50
Figura 10: Maquina de Compresión.....	51
Figura 11: Diseño de ingeniería	58
Figura 12: Selección de material para su posterior cuarteo	71
Figura 13: Proceso del muestreo del agregado fino mediante el cuarteo.....	72
Figura 14: Pesaje del agregado fino retenido en cada tamiz	73
Figura 15: Proceso del muestreo del agregado grueso mediante el cuarteo.....	75
Figura 16: Pesaje del agregado grueso retenido en cada tamiz.....	75
Figura 17: Medición de diámetros de las perlas de poliestireno expandido	77
Figura 18: Cono truncado - Peso específico y absorción - Agregado fino	80
Figura 19: Peso de matraz con agua hasta la marca y materias en SSS	80



Figura 20: Matraz con material SSS y agua	81
Figura 21: Muestra del Agregado grueso en SSS	83
Figura 22: Muestra de Agregado Grueso en la canastilla sumergiéndose	83
Figura 23: Desplazamiento de Volumen del EPS - Peso Especifico	85
Figura 24: Lavado de Agregado por el tamiz N° 200	86
Figura 25: Muestra secada al horno	88
Figura 26: Muestra de Agregado Grueso ingresando al horno - Contenido de humedad	90
Figura 27: Ensayo de consistencia - Asentamiento con el cono de Abrams	91
Figura 28: Retiro de briquetas del pozo de curado para su ensayo de Compresión	97
Figura 29: Medición de las dimensiones de la Briquetas de concreto	97
Figura 30: Colocación de Neopreno en los cabezales	98
Figura 31: Máquina de compresión para el ensayo	98
Figura 32: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-0-26	99
Figura 33: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-0-28	100
Figura 34: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-1-28	101
Figura 35: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-2-28	102
Figura 36: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-1-29	103
Figura 37: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-2-29	104
Figura 38: Agregado fino Grupo C	109
Figura 39: Agregado fino Grupo M	109



Figura 40: Agregado fino Grupo F.....	110
Figura 41: Granulometría de las Perlas de EPS	113
Figura 42: Combinación de Agregado fino 51% - Agregado grueso 49%	129
Figura 43: Combinación de Agregado fino 61% - Agregado grueso 39%	130
Figura 44: Asentamiento del hormigón.....	135
Figura 45: Ensayos de Densidad y rendimiento del concreto	138
Figura 47: Evolución de la Resistencia a la Compresión.....	146
Figura 48: Análisis del Agredo Fino frente de las curvas de los grupos C-M-F.....	149
Figura 49: Análisis del Agregado Grueso – Huso 67 - Huso 57.....	149
Figura 50: Elaboración de Testigos de concreto	164
Figura 51: Ensayo de Consistencia - Prueba a las 2 Horas	164
Figura 52: Aditivo Rango Medio W-84	167
Figura 53: Ficha técnica cemento Yura – HE	168
Figura 54: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-0-26)	170
Figura 55: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-0-28)	171
Figura 56: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-1-28)	172
Figura 57: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-2-28)	173
Figura 58: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-1-29)	174
Figura 59: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-2-29)	175
Figura 60: Certificado de calibración - Compresora de concreto 1-3	176



Figura 61: Certificado de calibración - Compresora de concreto 2- 3	177
Figura 62: Certificado de calibración - Compresora de concreto 3-3	178
Figura 63: Protocolo de calibración	179
Figura 64: Turnitin 1/3	180
Figura 65: Turnitin 2/3	181
Figura 66: Turnitin 3/3	182



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Se observa en la actualidad que en la región del Cusco se vienen construyendo edificaciones de mayor envergadura, muchas veces estas cuentan con más de 7 niveles, debido a lo cual cuentan con estructuras mucho más robustas, para poder cumplir con las solicitaciones de las cargas para las cuales fueron diseñadas, siendo una de estas el peso propio del concreto. Con ello, se genera mayores dimensiones en las estructuras de concreto y por ende mayor consumo de las materias primas, mayores dimensiones de los elementos estructurales para soportar dichas cargas y por ende mayores costos en la construcción, mayor uso de materiales que habitualmente se encuentran en la naturaleza, causando un impacto mayor al medio ambiente.

Por cuanto, el problema a resolver es reducir el peso del concreto convencional reemplazando el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.



Figura 1: Estructura de edificación en la ciudad del Cusco

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál será el análisis de la resistencia a la compresión del concreto ligero reemplazando el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características físicas de los agregados utilizados para la elaboración del concreto ligero?
2. ¿Cuál es el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplazará al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros?
3. ¿Cuál es la cantidad de aditivo reductor de agua y retardante de fragua que se debe incorporar al concreto para conseguir los valores de asentamientos y resistencia a la compresión esperados?
4. ¿Cómo varía la consistencia del concreto al reemplazar el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en las diferentes dosificaciones?
5. ¿Cómo influirá en la resistencia a compresión del concreto el reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido?



1.2 Justificación

1.2.1 Justificación técnica

La presente investigación titulada “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO”, pertenece a la especialidad de edificaciones; en el área e tecnología del concreto – materiales de tecnología del concreto.

Esta investigación se encamina a diseñar nuevos tipos de mezclas que involucren el uso de materiales no convencionales como en es este caso las perlas de polistireno expandido.

1.2.2 Justificación Social

Existen varias áreas beneficiarias con el desarrollo de la investigación, desde los alumnos de la Universidad Andina del Cusco, ya que la presente investigación servirá de punto de partida y guía para la elaboración de futuras investigaciones, hasta la población en general, ya que debido a esta investigación se reducirá el peso del concreto usando el poliestireno expandido lo cual conllevara a tener menos peso en las edificaciones lo cual es un factor muy importante a tener en cuenta en el diseño de las edificaciones y por ende tener estructuras más esbeltas con las mismas garantías estructurales que con la utilización de un concreto convencional.

1.2.3 Justificación por viabilidad

En esta investigación se explicará la manera de realizar el concreto ligero con diferentes dosificaciones para diferentes tipos de usos en las edificaciones y su utilización en futuros proyectos para lo cual se utilizarán equipos y materiales que se encuentran a nuestra disposición siendo factible la realización de esta investigación.

La presente investigación es viable porque todos los materiales (agregados, cemento, agua y poliestireno expandido), herramientas y equipos (mezcladora, varilla de acero liso, briquetas, equipo para la rotura de briquetas y etc.); son de disponibilidad o de adquisición inmediata y los gastos de estos serán asumidos por el investigador.



1.2.4 Justificación por relevancia

La importancia de esta investigación radica en ser un aporte técnico en cuanto a la innovación tecnológica y al cuidado del ambiente en la elaboración de un nuevo concreto elaborado con perlas de poliestireno expandido y menor cantidad de piedra chancada (agregado grueso)

Esta investigación también será de apoyo para posteriores investigaciones relacionadas a este tema.

1.3 Limitaciones de la investigación

En la presente investigación se tuvieron diferentes tipos de limitaciones, las cuales se detallan a continuación.

1.3.1 Limitaciones geográficas

- Esta investigación está limitada en la ciudad del Cusco, ubicada en la parte sur este del Perú y enmarcada en el valle interandino longitudinal formado por el río Huatanay a una altitud aproximada de 3400 m.s.n.m; su clima es frío y seco de mayo a diciembre y lluvioso en los meses de enero hasta abril. La temperatura media en la ciudad es de 12°C, siendo la máxima 18°C y la mínima alrededor de 4°C.

1.3.2 Limitaciones de estudio

- Se limita un tamaño máximo nominal del agregado de 3/4".
- Se limita a un slump después de 2 horas en el rango de 4" a 6" (concreto pre mezclado - bombeable)
- Se limita a un estudio en base a un concreto patrón con $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ con 280 kg de cemento por m^3 .
- Se limita al uso de perlas de poliestireno expandido de TM de 7 mm de diámetro, y densidades en el rango de 15 a 25 kg/m^3 , brindadas por la empresa INDUSPORT, ubicada en Wanchaq – Cusco.
- Se limita a realizar el diseño de mezcla según el método DIN 1045.
- Se limita a realizar un curado de los testigos de concreto hasta los 28 días.



- Se limita a la obtención de la resistencia a la compresión de los testigos de concretos de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura curados durante 7 y 28 días.
- Se limita a la obtención de la resistencia a la compresión de los testigos de concreto reemplazando en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.
- Se limita a la obtención de concreto para usos en la construcción ya sea estructurales (columnas, vigas, placas, etc), si las resistencias cumplen con la norma de concretos estructurales; o no estructurales como falso piso, unidades de albañilería, etc,

1.3.3 Limitación con respecto a los materiales

- Se limita al uso de cemento Portland tipo HE de la marca YURA, cuyo peso específico es de 2980 kg/m³.
- Se limita al uso de agregados de la cantera de Vicho ubicada a 9 km de la ruta Cusco-San Salvador, en la margen izquierda al Sur-Este de la ciudad de Cusco. Distrito de San Salvador., cantera Abril, ruta Cusco-San Salvador, en la margen derecha al Sur-Este de la ciudad de Cusco y la piedra obtenida de la cantera Candia, cuya chancadora está ubicada en el sector de Huasao.
- Se limita al uso de agua potable provista por SEDACUSCO, de la ciudad del Cusco.
- Se limita al uso del aditivo reductor de agua y retardante de fragua, aditivo rango medio W-84 suministrado por Industrias Ulmen S.A, cuyo rango de dosificación recomendado es de 0.5% a 2% del peso del cemento.
- Se limita al uso de Perlas de Poliestireno Expandido en las cantidades indicadas en cada diseño (25%, 50%, 75% y 100% de reemplazo en volumen del agregado grueso), suministradas por INDUSPORT, de tamaño máximo de 7 mm.

1.3.4 Limitación de pruebas

- Se limita a realizar los ensayos en el laboratorio de control de calidad de la empresa CONCRETOS KALLPA MIX).
- Se limita a realizar las pruebas físico-mecánicas de los agregados necesarios para el diseño de mezcla, según las N.T.P.



- Se limita a realizar la prueba de consistencia una vez realizada la mezcla, luego pasado 0:30, 1:00, 1:30 y 2:00 horas, peso unitario y rendimiento.
- Se limita a elaborar los testigos de concreto según las normas vigentes.
- Se limita a realizar el diseño de mezcla según el método DIN 1045.
- Se limita a realizar la prueba de resistencia a la compresión de los testigos de concreto a los 7 y 28 días, según la norma ASTM C-39.

1.3.5 Limitaciones según los equipos utilizados

- Se limita al uso de juego de tamices estándar para los ensayos indicados en la norma.
- Se limita al uso de balanzas con precisiones de acuerdo a la norma.
- Se limita al uso del cono de Abrams para evaluar la consistencia de los concretos.
- Se limita al uso de la maquina compresora para el ensayo de resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de concreto.

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar el comportamiento a compresión del concreto ligero reemplazando el agregado grueso por las perlas de Poliestireno Expandido en diferentes dosificaciones de los componentes.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar las perlas de Poliestireno Expandido y determinar el peso específico, absorción y granulometría de los componentes del concreto ligero.
2. Determinar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplazará al agregado grueso en volumen para obtener concretos de diferentes densidades y resistencias que cumplan con la norma de concretos ligeros.
3. Determinar la cantidad de Aditivo para que el concreto presente buen comportamiento tanto en estado fresco como endurecido
4. Evaluar la consistencia del concreto al añadir perlas de EPS y aditivo plastificante en el proceso de elaboración
5. Analizar la resistencia a la compresión del concreto adicionado con Perlas de EPS en su proceso de producción.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.

Tesis titulada: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ALIVIANADO CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO”

Autor: BACH. BUSTAMANTE MEDINA, DIEGO MARTÍN
BACH. DIAZ SALCEDO, CLARA ANGÉLICA

Para optar el título de: INGENIERO DE MATERIALES

Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

Lugar: Arequipa - Peru

Año: 2014

La característica más evidente del Hormigón Liviano es, por supuesto su densidad, la cual es considerablemente menor que la del hormigón normal y con frecuencia es una fracción de la misma. Se presentan muchas ventajas al tener materiales de baja densidad, como por ejemplo se reduce la carga muerta, mayor rapidez de construcción, menores costos de transporte.

Se ha demostrado que utilizando hormigón liviano en la construcción se logra menos tiempos de ejecución en la obra, que si se utilizaran materiales tradicionales.

En el presente trabajo de investigación se realizó la mezcla del concreto con cuatro tipos de mezclas diferentes:

1. Concretos P.U. $> 2000 \text{ Kg/m}^3$.
2. Concretos $1600 < \text{P.U.} < 2000 \text{ Kg/m}^3$.
3. Concretos $1300 < \text{P.U.} < 1600 \text{ Kg/m}^3$.
4. Concretos $1000 < \text{P.U.} < 1300 \text{ Kg/m}^3$.

Estos diseños de mezcla contenían diferentes porcentajes de perlitas de poliestireno expandido, se utilizaron para las mezclas los materiales de la zona obteniendo las menores resistencias con los concretos con mayores cantidades de EPS, pero a su vez siendo estos los más livianos.



El tipo de investigación es cuantitativo, siendo el diseño experimental; la población y la muestra son las mismas siendo un total de 116 testigos de concreto ensayados.

Por contar hoy en día con la presencia de aditivos, rama que viene desarrollándose de una manera vertiginosa, se evita que el material en este caso las perlas de Poliestireno Expandido por ser más ligera tiendan a elevarse, gracias al uso de aditivos se evitó este problema y se mejora la trabajabilidad (consistencia), es por esta razón que se vio por conveniente la utilización de aditivos, ya que con la presencia de perlas de poliestireno expandido la resistencia a la compresión del concreto baja, por ende al utilizar los aditivos reductores de agua, tendremos menos cantidad de agua en la mezcla lo cual incrementara la resistencia del concreto.

Se puede apreciar en esta investigación que cuando se incrementa el EPS, se incrementa el aire ocluido la mezcla, en el caso este se utilizó Poliestireno Expandido reciclado, que no tiene forma definida por haberse obtenido por medio de la trituración provocando mayor cantidad de vacíos y por ende menos resistencia a la compresión, es por eso que en esta investigación no se utilizara la perlas de poliestireno expandido trituradas.

Tesis titulada: “CONCRETO LIVIANO A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA LA PREFABRICACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL - CAJAMARCA”.

Autor : BACH. HUGO EMMANUEL RODRÍGUEZ CHICO

Para optar el título de : INGENIERO CIVIL

Institución : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

Lugar : CAJAMARCA

Año : 2017

El principal objetivo de utilizar perlas de poliestireno expandido en el concreto es aligerarlo. Sin embargo, presenta una gran dificultad en la elaboración de dicho concreto, debido a que todavía en Perú no existe una normativa ni dosificación válida, no obstante, se han investigado las propiedades mecánicas obteniendo no tan bajos resultados en la resistencia a la compresión.



Esta investigación citada, tiene como tema central la de determinar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano a base de poliestireno expandido para la elaboración de bloques de hormigón liviano, los que son confeccionados conforme a una dosificación para un mortero tradicional, que, a tiempo de ser mezclados el cemento, el agregado fino y agua, se agrega poliestireno expandido en reemplazo de la grava.

Se elaboraron testigos de concreto en este caso concreto liviano incluyendo en la preparación de la mezcla las perlas de Poliestireno Expandido, pero en este caso los moldes son cúbicos por la norma que los rige y así se obtuvo las diferentes propiedades de los concretos tanto en estado seco como endurecido, es decir se evaluó la cantidad de agua (diseño de mezcla), la trabajabilidad.

También se midió la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para las dosificaciones de: 1200 kg/m³, 1400 kg/m³ y 1600 kg/m³, transcurridos 28 días, los bloques elaborados con la dosificación de 1600 kg/m³, obtubieron una resistencia a la compresión favorable de 6.15 MPa (62.75 kg/cm²)

Se realizó un análisis del aumento de costo de los bloques livianos elaborados, viendo un incremento de costo, como se puede ver este incremento es debido a las perlas de poliestireno expandido, pero cabe recalcar que también tiene sus ventajas que son el aumento del rendimiento de mano de obra y demás.

Siendo esta investigación del tipo experimental, la cual tiene una población y muestra iguales no probabilísticos de 90 cubos de concreto ligero a base de poliestireno expandido.

De acuerdo a los resultados obtenidos de todas las dosificaciones estudiadas para cada densidad del Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido, se concluye que la dosificación óptima para lograr las características deseadas del bloque de concreto, fue la denominada CLP-1600 para la densidad aparente de 1600 kg/m³, con una resistencia a la compresión promedio de 62.75 kg/cm².

Al término de la investigación se logró obtener un bloque de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con una resistencia a la compresión a los 28 días de 62.75 kg/cm² (6.15 MPa), resistencia superior a la resistencia mínima establecida en la NTP 399.600 y NTP 399.602.



Para el caso de nuestra investigación se tomó en cuenta que se realizó el diseño de mezcla reemplazando el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido, siendo este uno de los aportes tomados en cuenta en nuestra investigación.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.

Título (Proyecto de investigación): “ANÁLISIS DEL CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO ADITIVO PARA ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES”

Investigador principal : Adán Silvestre Gutiérrez

Auxiliares de investigación : Angélica María Gil Vivas
Paola Andrea Rivera Medina

Institución : UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

Lugar : Pereira - Colombia

Año : 2015

En la investigación citada, el objetivo general es el análisis del uso del poliestireno expandido (icopor) como material aligerante dentro de mezclas de concreto, buscando estructuras más livianas y una mejora en sus propiedades que cumplan con los parámetros de sismo-resistencia establecidos en la Norma Colombiana NSR-10. La investigación plantea la implementación del poliestireno expandido en el concreto por ser un material que posee una masa liviana debido al gran volumen de aire encerrado en su estructura (98% de aire y 2% de material sólido), generando una gran capacidad de aislamiento térmico, un bajo coeficiente de conductividad térmica, e impermeable a los líquidos.

Además del bajo peso del poliestireno expandido se destacan sus propiedades físico-mecánicas, lo cual presenta una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y una buena elasticidad; propiedades que son compatibles con los presentados en las mezclas de concreto buscando así una posible mejora en sus parámetros físicos mecánicos.

La investigación es experimental y descriptiva, cuya población y muestra son las mismas de 36 briquetas de concreto.



Los cilindros ensayados no presentan una variación significativa en sus pesos debido al que el agregado de icopor (poliestireno expandido) se realizó por porcentaje de volumen de los cilindros y no por peso, toda vez a que se si se hace por peso generaría una desproporción en cuanto a cantidad del icopor a agregar al diseño de mezcla con respecto a los materiales principales de la mezcla. Se observó que el icopor conserva su forma a pesar del proceso de mezclado siendo estas partículas de 5 mm de diámetro, es decir que, pese al mezclado con los componentes del concreto, las perlas de poliestireno expandido no se alteran (mantienen sus características).

Observando los valores de las resistencias obtenidas, este concreto no cumple los parámetros establecidos por medio de la investigación (cumplir los parámetros de resistencia estipulados en la norma NSR-10 para un concreto estructural), debido a la disminución de la resistencia al aumentar la adición de porcentaje de poliestireno expandido.

El peso específico del concreto no vario prácticamente nada, puesto que la dosificación de las perlas de poliestireno expandido fue en porcentajes de 3%,6% y 9% del volumen de las briquetas, siendo esta razón por la cual en esta investigación el reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido será en el diseño de mezcla y en volumen del mismo.

Título – Proyecto final de graduación: “Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A”

Autor : NATALI MARÍA QUESADA VÍQUEZ

Para optar el grado de : LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Institución : “INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN”

Lugar : Costa Rica

Año : 2014

En este trabajo de investigación se realizan principalmente 3 tipos de mezcla, un tipo A de concreto al cual denominan espuma de concreto cuya condición principal es tener una densidad menor a 1000 Kg/m³, para este caso la resistencia no era un factor preponderante, la otra



categoría se denominó diseño B, que correspondía a un concreto liviano no estructural, para este caso la densidad del concreto debería estar en el rango de 1000 Kg/m^3 a 1800 Kg/m^3 y se espera una resistencia entre los 5 a 17 MPa, utilizándose en este caso el poliestireno expandido; para la categoría C, la resistencia era de suma importancia y la densidad debería estar en el rango de 1800 Kg/m^3 a 2100 Kg/m^3 , con una resistencia mayor a 17 MPa

Se trabajó además con aditivos químicos incluso de aire y fluidificante, ambos provistos por la empresa Sika, como resultados se obtuvo una espuma de concreto de 765 Kg/m^3 con una resistencia a la compresión de 1,6 MPa a 28 días, al utilizar poliestireno expandido y aditivo incluso de aire.

Además, un concreto liviano no estructural de 1581 Kg/m^3 de densidad y una resistencia a 30 días de 16,1 MPa, el cual es similar al anterior; sin embargo, no utiliza aditivo incluso de aire y finalmente un concreto estructural de baja densidad con 2041 Kg/m^3 y una resistencia a 28 días de 35,2 MP, este utiliza agregados de Guacalillo e incluso de aire, cabe recalcar que este diseño de concreto estructural si utiliza piedra y no poliestireno expandido. Estos resultados son el promedio de las pruebas de validación realizadas a cada uno de los diseños seleccionados

El diseño de esta investigación es experimental, la población y muestra son iguales que constan de 72 testigos de concreto.

De la caracterización de los agregados se tiene que, tanto la arena como la piedra proveniente del tajo de Guacalillo, son ligeramente más gruesos que los límites establecidos. De igual manera, el poliestireno expandido incluido en la mezcla tiene una curva sumamente cerrada; según esto se puede apreciar que en nuestro medio, también las perlas de poliestireno expandido presentan esta característica en su granulometría.

Los altos contenidos de aire en la mezcla afectan directamente la resistencia a la compresión; por lo tanto, la manera más adecuada de reducir la densidad, sin afectar demasiado la resistencia, es con la implementación de materiales de baja densidad, como el poliestireno expandido, en lugar del agregado grueso convencional. Sin embargo, con los resultados obtenidos hasta ahora no se pueden llamar concretos estructurales, esto por las resistencias obtenidas y las propiedades de las mismas.



Se logró determinar, para el concreto liviano no estructural, un diseño que permite obtener un concreto de 1581 Kg/m^3 de densidad y una resistencia a la compresión promedio de $16,1 \text{ MPa}$, se utilizó poliestireno expandido en perla sin ninguna clase de aditivo incluso de aire, para esto realizan variaciones de los diseños, respecto al porcentaje del agregado grueso, teniendo los mejores resultados con un 60% de agregado fino y 40% de EPS.

El manejo del poliestireno expandido presenta ciertas complicaciones, especialmente a la hora de su dosificación por peso, lo cual podría provocar ocasionalmente variaciones en la mezcla si no se maneja con cuidado, es por esta condición que se obtuvo una balanza con una precisión de 0.1 gramo, por esta razón para en esta investigación se utilizara una balanza mucho más precisa es decir con una precisión de 0.01 gramo para la dosificación de perlas de poliestireno expandido así como de aditivo.

Se observó un mejor comportamiento de la mezcla de concreto al disolver, primeramente, los aditivos en un litro del agua de dosificación, y agregarlo a la batidora justo después de haber incorporado la mitad del agua restante, ya que se observó que al variar este procedimiento algunas mezclas presentaban grumos y dificultades a la hora del mezclado, siendo esta conclusión considerada al momento de la dosificación para mezclar el aditivo con el agua de diseño para una mejor distribución de este en la mezcla.

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Concreto

El concreto (hormigón) es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento Portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Otros materiales cementosos (cementantes) y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta. (Kosmatka, 2004)



La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes activos:

1. Cemento
2. Agua,
3. Agregados y
4. Aditivos

Y un elemento pasivo que es el aire.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Pasquel, 1998)

Otras definiciones mencionan que el concreto es una mezcla dosificada, que es un producto artificial compuesto por un ligante también llamado pasta, dentro de la cual se encuentran embebidas los demás componentes (agregados), considerado como un material temporalmente plástico que puede colocarse y moldearse y posteriormente se convierte en una masa sólida por las reacciones químicas de sus componentes.

2.2.2. Clasificación del concreto

Existen varias clasificaciones de los concretos dependiendo de las características que se les desea brindar, siendo algunas de estas:

Por su peso específico

- Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m³.
- Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m³.
- Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m³. (Torre C, 2004)



Por su aplicación

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas. (Torre C, 2004)

Por su composición

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.
- Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6% V.
- Ligero: $1,2 - 2 = 2 \text{ N/mm}^2$
- Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc. (Torre C, 2004)

Por su resistencia.

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos (Torre C, 2004)

2.2.3. Propiedades del concreto fresco

2.2.3.1. Trabajabilidad

“Se define a la trabajabilidad como a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto, y luego éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad”. (Rivva López, 2000)



2.2.3.2. Consistencia

“La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación” (Rivva López, 2000)

La consistencia de una mezcla de concreto, esta dada por el grado de asentamiento de la misma. A menores asentamientos tendremos mezclas más secas y a mayores asentamientos tendremos consistencias fluidas.

Tabla 1
Consistencia / Asentamiento

CONSISTENCIA	ASIENTO (cm)
SECA	0-2
PLÁSTICA	3 - 5
BLANDA	6 - 9
FLUIDA	10 - 15

FUENTE: (Torre C, 2004)

2.2.3.3. Homogeneidad y uniformidad.

La homogeneidad, es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa es decir que depende fundamentalmente de la buena dosificación de sus componentes, mientras que la uniformidad se le llama cuando es en varias amasadas, esto variara dependiendo de las condiciones después de la dosificación del concreto, es decir de un buen mezclado, transporte y puesto en obra.

2.2.3.4. Compacidad.

“Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido”. (Torre C, 2004)

La compacidad del concreto está relacionada con la capacidad de acomodamiento de los áridos o agregados que componen al concreto, y se define como la cantidad de sólidos, por unidad de volumen de concreto. Una mezcla de áridos con una compacidad elevada es aquella que deja pocos poros, y esta compacidad elevada se consigue con altas cantidades de árido grueso y



pequeñas cantidades de agregado fino, mediante una correcta compactación, uso de un cementante de alta calidad, agregados densos y poco porosos, poco contenido de agua y un curado apropiado después del fraguado.

2.2.4. Propiedades del concreto endurecido.

2.2.4.1. Impermeabilidad.

“El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido”. (Torre C, 2004)

Es por eso que para tener concretos más impermeables se debe tener en cuenta la finura del cemento, cantidad de agua en la mezcla y por ende la compacidad de las misma y durante el colocado tener en cuenta un buen vibrado (colocado del mismo).

2.2.4.2. Durabilidad.

“Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son las sales sales, el calor, agentes contaminantes, humedad”. (Torre C, 2004)

2.2.4.3. Resistencia térmica.

Las temperaturas afectan el comportamiento del concreto, sobre todo lo que se conoce como el gradiente de temperatura, las bajas temperaturas – Hielo / deshielo ocasionan un deterioro mecánico, y las elevadas temperas encima de los 300°C son muy perjudiciales para el concreto.

2.2.4.4. Resistencia a compresión.

“Es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o psi) a una edad de 28 días”. (Kosmatka, 2004)



2.2.4.5. Resistencia a flexión

“La resistencia a flexión o el módulo de ruptura (rotura) se usa en el diseño de pavimentos u otras losas (pisos, placas) sobre el terreno. La resistencia a compresión, la cual es más fácil de ser medida que la resistencia a flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados”. (Kosmatka, 2004)

“La resistencia a flexión de concretos de peso normal es normalmente de 0.7 a 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en mega pascales o de 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por centímetros cuadrados (7.5 a 10 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en libras por pulgadas cuadradas)”. (Wood, 1992)

2.2.4.6. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tensión (resistencia a tracción, resistencia en tracción) directa del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de la resistencia a compresión y se estima normalmente como siendo de 0.4 a 0.7 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en mega pascales o de 1.3 a 2.2 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por centímetros cuadrados (5 a 7.5 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en libras por pulgada cuadrada).

2.2.4.7. Resistencia al corte

“La resistencia a esfuerzos por cizallamiento (cortante, corte o cizalladura) es del 8% al 14% de la resistencia a compresión”. (Hanson, 1968)

2.2.4.8. Elasticidad

“Capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión”. (Pasquel Carbajal, 1998)



2.2.4.9. Extensibilidad

“Propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones”. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.5. Concreto ligero

Definido como concreto con la densidad más baja que el concreto de densidad normal, generalmente con la incorporación de agregados más livianos o aditivos especiales.

2.2.6. Clasificación del concreto ligero

2.2.6.1. Concreto ligero estructural

“El concreto ligero (liviano) estructural es un concreto similar al concreto de peso normal, excepto que tiene una densidad menor. Se lo produce con agregados ligeros (concreto totalmente ligero) o con una combinación de agregados ligeros y normales. El concreto ligero estructural tiene una densidad seca al aire (peso específico, peso volumétrico, peso unitario, masa unitaria) que varía de 1350 a 1850 kg/m³ (85 a 115 lb/pie³) y una resistencia a compresión a los 28 días que supera los 180 kg/cm² o 17 MPa (2500 lb/pulg²). Algunas especificaciones de obra permiten un peso volumétrico hasta 1920 kg/m³ (120 lb/pie³)”. (Kosmatka, 2004)

2.2.6.2. Concretos ligeros aislantes y de resistencia moderada

“El concreto aislante es un concreto ligero con densidad seca en el horno (peso volumétrico seco en el horno) de no más que 800 kg/m³ (50 lb/pie³). Se lo produce con materiales cementantes, agua, aire y con o sin agregados y aditivos químicos. La densidad seca en el horno varía de 240 a 800 kg/m³ (15 a 50 lb/pie³) y la resistencia a compresión a los 28 días es de 7 a 70 kg/cm² o de 0.7 a 7 MPa (100 a 1000 lb/pulg²)”. (Kosmatka, 2004)

a. Concreto Ligero Estructural

- Peso volumétrico seco de 1350 a 1850 kg/m³
- Resistencia a compresión mayor o igual a 180 kg/cm²

b. Concreto Ligero de Resistencia Moderada

- Peso volumétrico seco de 800 a 1900 kg/m³



- Resistencia a compresión de 70 a 180 kg/cm²

c. Concreto Ligero Aislante

- Peso volumétrico seco de 300 a 800 kg/m³
- Resistencia a compresión menor de 70 kg/cm²

Los concretos ligeros aislantes y de moderada resistencia se pueden agrupar de la siguiente manera:

Grupo I. Se produce con agregados expandidos, tales como perlitas, vermiculitas o con poliestireno expandido (EPS). Las densidades secas en el horno del concreto que usa estos agregados generalmente varían entre 240 a 800 kg/m³ (15 a 50 lb/ft³).

Grupo II. Se produce con agregados fabricados con materiales expandidos, calcinados o sinterizados, tales como escoria de alto horno, arcilla, diatomita, ceniza volante, esquisto o pizarra, o por el procesamiento de materiales naturales, tales como la piedra pómez, escoria o tufa. Las densidades, cuando se usan estos agregados, pueden variar entre 720 y 1440 kg/m³ (45 a 90 lb/ft³).

Grupo III. Representa los concretos que se producen con la incorporación, en la pasta de cemento o en el mortero de cemento y arena, de una estructura celular uniforme de vacíos de aire obtenida con espuma preformada (ASTM C 869), espuma formada en el sitio o agentes especiales de espuma. Las densidades, que varían entre 240 y 1900 kg/m³ (15 y 120 lb/ft³), se obtienen con la sustitución de algunas o todas las partículas de agregado por vacíos de aire, los cuales pueden llegar a ocupar 80% del volumen. Se pueden producir concretos celulares para que atiendan a los requisitos de los concretos aislantes y de los concretos de moderada resistencia.

Según la norma EHE – 08 Instrucción de hormigón estructural – España, nos indica:

“Se define, como hormigón ligero estructural (HLE) aquel hormigón de estructura cerrada, cuya densidad aparente, medida en condición de seco hasta peso constante, es inferior a 2000 kg/m³., pero superior a 1200 kg/m³ y que contiene una cierta proporción de árido ligero, tanto natural como artificial” (EHE 08, 2008)



“Para el caso de hormigones ligeros estructurales, la resistencia mínima se establece en 15 ó 20 N/mm² en tanto que la resistencia máxima depende del tipo de árido ligero que se trate y del diseño particular de la mezcla”. (EHE 08, 2008)

2.2.7. Concreto bombeable

El concreto debe cumplir ciertas características para ser apto a ser bombeado, debe ser plástico y trabajable. Debido a esto, muchas personas han pensado que es necesario un porcentaje muy alto de arena, tanto como el 65% del agregado total para un concreto de agregado máximo de 1 pulgada. Lo mejor es una mezcla plástica y trabajable con un revenimiento poco más o menos 2 ½ a 5 pulgadas. La inspección visual del concreto a medida que sale de la línea ayuda a evaluar la plasticidad, como se puede ver desde que el concreto se fabrica hasta que se bombea no deberá pasar más de 2 horas, es así que las empresas concreteras a nivel mundial trabajan con niveles de slump mayores debido a las pérdidas en el transcurso y puesto que la bomba al momento de bombear también hace que la mezcla pierda slump en 1 o 2 pulgadas en promedio.

“La gradación combinada de agregados es un elemento importante que distingue los materiales bombeables para concreto del concreto estructural normal. La gradación combinada de los agregados debe retener la pasta mientras que el concreto se someta a presión. Si esto no se logra, es posible que se presente exudación por presión, resultando en bloqueos y normalmente en una mezcla de concreto que no se puede bombear”. (BASF, Concreto Bombeado, 2006)

“Se recomienda respecto al agregado grueso que no sean alargados puesto que estos no ayudan al bombeo, el agregado fino deberá usar de preferencia arena redonda; su gradación debe cumplir con la ASTM C-33, excepto el porcentaje que pasa la malla #50, deberá ser en un rango del 15 al 30% y el porcentaje acumulado que pase la malla #100 debe estar en el rango del 5 a 10%”. (BASF, Concreto Bombeado, 2006)

Es por eso que un concreto bombeable necesita mayor fino que un concreto tradicional y deberá utilizar aditivo reductor de agua o una combinación de aditivos para proporcionar beneficios adicionales a la mezcla.



2.2.8. Cemento Portland

“El cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clínter compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda”: (Torre C, 2004)

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

2.2.8.1. Clasificación de los cementos

2.2.8.1.1. Cementos Portland sin adición

Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- a) Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- b) Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- c) Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- d) Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- e) Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

2.2.8.1.2. Cementos Portland Adicionados

Contienen además de Clinker Portland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejm.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según Normas técnicas:

- a) Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)
 - Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
 - Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- b) Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)
 - Cemento Portland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%



- Cemento Pórtland de Escoria Modificado Tipo I (SM) : Contenido de escoria menor a 25%
- c) Cementos Pórtland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Pórtland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.
- d) Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069): Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Pórtland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua

Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082): Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:

- GU : De uso general.
- HE : Alta resistencia inicial
- MS : Moderada resistencia a los sulfatos
- HS : Alta resistencia a los sulfatos
- MH: Moderado calor de hidratación
- LH : Bajo calor de hidratación

En los años 90 se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos – ASTM C 1157, Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos (Performance Specification for Hydraulic Cements). Existen seis tipos de cementos hidráulicos.

1. Tipo GU

“El cemento de uso general tipo GU es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I”. (Kosmatka, 2004)



2. Tipo HE

“El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento Portland tipo III”. (Kosmatka, 2004)

El cemento tipo HE clasificado según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento Portland de última generación, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO₂ contribuyendo a una reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente hasta lograr un alto grado de finura.

La composición de este cemento permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

Propiedades

Por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de Impermeabilidad
- Resistencia a los sulfatos
- Resistencia a los cloruros
- Menor calor de hidratación
- Disminuye la reacción nociva álcali-agregado (Según grado de reactividad del agregado)
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

El cemento YURA HE de alta resistencia inicial cumple con las especificaciones técnicas de otros países como:



Tabla 2

Especificaciones técnicas que cumple el cemento YURA HE en otros países

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND	TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	GRADO ALTA RESISTENCIA
USA	Norma Americana	ASTM C1157	PORTLAND CEMENT	TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 40
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 2380	CEMENTO HIDRÁULICO	TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

Fuente: Ficha técnica cemento YURA HE

Beneficios ambientales

- Menor consumo energético, por ende, menor emisión de CO₂.

3. Tipo MS

“El cemento tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas, este cemento se usa de la misma manera que el cemento Portland tipo II”. (Kosmatka, 2004)

4. Tipo HS

“El cemento tipo HS se usa en concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos – principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato. Este cemento se emplea de la misma manera que el cemento Portland tipo V”. (Kosmatka, 2004)

5. Tipo MH

“El cemento tipo MH se usa donde el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura. El cemento tipo MH se usa de la misma manera que el cemento Portland de moderado calor tipo II”. (Kosmatka, 2004)



6. Tipo LH

“El cemento tipo LH se usa donde la tasa y la cantidad del calor generado por la hidratación deban ser minimizadas. El cemento tipo LH se aplica en estructuras de concreto masivo donde se deba minimizar el aumento de la temperatura resultante del calor generado durante el endurecimiento. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento Portland tipo IV”. (Kosmatka, 2004)

2.2.9. Mecanismo de hidratación

“Es el proceso mediante el cual los componentes del cemento, al mezclarse con el agua, reaccionan químicamente formando hidróxidos e hidratos de calcio complejos generando enlaces, los cuales con el paso del tiempo forman una masa dura”. (Pasquel Carbajal, 1998)

La rapidez de hidratación es afectada, por la finura del cemento, la cantidad de agua agregada y las temperaturas de los componentes al momento de mezclarlos. La velocidad de hidratación inicialmente es rápida y disminuye al paso de los días y nunca se detiene.

“La hidratación comienza en los granos de cemento después de cierto tiempo de estar en contacto con el agua en la superficie de las partículas de cemento, similarmente a la corrosión de un metal. Luego con el tiempo, esta superficie de reacción se mueve gradualmente mas profundamente en el interior de la partícula de cemento. Al entrar en contacto con la parte no hidratada de las partículas el agua reacciona con esta y disuelve una porción. Esta solución difusa supersaturada sale de la superficie de reacción hacia los poros mas grandes (capilares) a través de los muy pequeños poros (gel) de la malla de sólidos creada inicialmente por los productos de la hidratación. Estos nuevos productos de la hidratación precipitan en la solución en el aire o en los poros llenos de agua que son lo suficientemente largos para permitir la nucleación de una nueva fase sólida y formar una superficie floculante. Además el material hidratado puede ser categorizado como interior y exterior, siendo el interior una estructura más densa que la exterior, a pesar de que su composición es casi la misma”. (Portugal B. P., 2007)

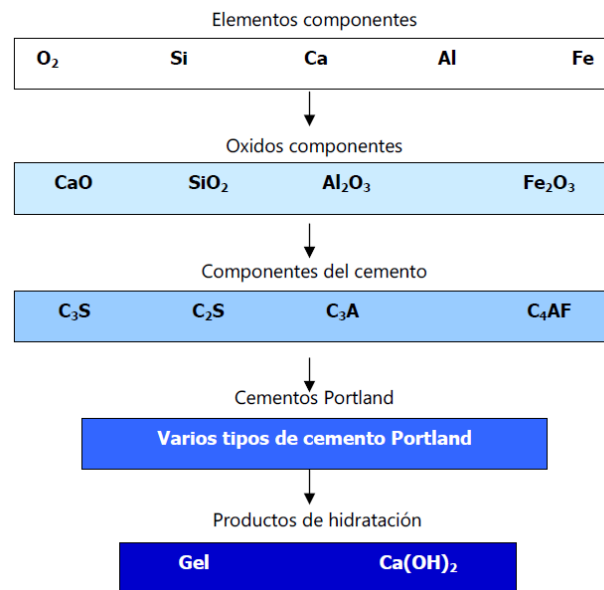


Figura 2: Esquemática de la formación e hidratación del cemento Portland

Fuente: (Portugal B. P., 2007)

“Así, en el proceso de hidratación de un cemento Pórtland, la combinación de los grupos puros de silicatos (SC2 y SC3) y de aluminatos (AC3 y FAC4) con agua, produce (aparte de hidrosilicatos e hidroaluminatos) hidróxido de calcio -Ca(OH)₂-, denominado también Portlandita, compuesto que (junto con álcalis de sodio y potasio aportados por las arcillas), será el máximo responsable de la elevada alcalinidad (basicidad) de la pasta”. (Portugal B. P., 2007)

2.2.10. Etapas del proceso de hidratación

Plástico: “Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente. El primer elemento en reaccionar es el C3A, y posteriormente los silicatos y el C4AF, caracterizándose el proceso por la dispersión de cada grano de cemento en millones de partículas. La acción del yeso contrarresta la velocidad de las reacciones y en este estado se produce lo que se denomina el período latente o de reposo en que las reacciones se atenúan, y dura entre 40 y 120 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y el cemento en partícula. En este estado se forma hidróxido de calcio que contribuye a incrementar notablemente la alcalinidad de la pasta que alcanza un Ph del orden de 13”. (Pasquel, 1998)



Fraguado inicial: Se denomina así al proceso inicial de endurecimiento. Cuando la mezcla empieza a perder plasticidad, es por esto que el concreto en esta etapa es muy difícil de manejar.

Fraguado final: “Se refiere al punto donde la pasta logra un punto importante de rigidez, mayor al del fraguado inicial; generalmente lo determina un valor empírico que indica el tiempo en Horas y minutos que se requiere para que una pasta de cemento endurezca lo suficiente para resistir hasta cierto grado”. (Quiroz & Salamanca, 2006)

Endurecimiento: En esta etapa se produce ganancia de resistencia del cemento hidratado. “Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes, la reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida”. (Pasquel, 1998)

2.2.11. Agua

El agua a utilizar en la elaboración del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero, toda agua apta para el consumo humano será apta para el concreto.

Si en algún momento no se cuenta con agua potable o si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar análisis químicos respectivos estipulados en la norma donde dan los parámetros máximos y mínimos para que dicho agua este apta o no para la preparación de concreto.

Requisitos de calidad

El agua a ser empleada debe cumplir con los requisitos dados por las normas como la NTP 339.088, y ser de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias, el agua a ser empleada debe cumplir con los requisitos dados por las normas como la NTP 339.088, y ser de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias (Fernández & Alaejos, 1991)



Tabla 3

Valores aceptados como máximos para el agua

SUSTANCIA	PPM
Cloruros	300
Sulfatas	300
Sales de Magnesio	150
Sales Solubles Totales	500
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500
Materia orgánica	10

FUENTE: (NTP 339.088, 2001)

La NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 gr/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl , será menor de 1gr/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total), expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la supervisión.

2.2.12. Curado del concreto

El curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorios en el concreto durante un periodo definido inmediatamente después de la



colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas. Nunca se exagerará al enfatizar la necesidad de un curado adecuado.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación y por lo cual el concreto no alcanzara sus propiedades potenciales

¿Por qué se cura?

- a) Una ganancia de resistencia predecible, ya que los ensayos de laboratorio muestran que el concreto en un ambiente seco puede perder tanto como el 50 por ciento de su resistencia potencial, comparado con un concreto que es curado en condiciones húmedas. El concreto colocado bajo condiciones de altas temperaturas ganara una resistencia temprana rápidamente, pero después las resistencias pueden ser reducidas. El concreto en clima frio tomara más tiempo para ganar resistencia, demorara la remoción del encofrado y la construcción subsecuente. (National Ready Mixed Concrete Association, 2008)
- b) Durabilidad mejorada, el concreto bien curado tiene mejor dureza superficial y resistirá mejor al desgaste superficial y a la abrasión. El curado hace también más impermeable al concreto, lo que evita que la humedad y las sustancias químicas disueltas en agua entren dentro del concreto, en consecuencia, incrementa la durabilidad y la vida en servicio.
- c) Mejores condiciones de servicio y apariencia, una losa de concreto a la cual se ha permitido que se seque demasiado temprano, tendrá una superficie frágil con pobre resistencia al desgaste y la abrasión. El curado apropiado reduce el resquebrajamiento o cuarteo y descascaramiento. (National Ready Mixed Concrete Association, 2008)

2.2.13. Agregados

2.2.13.1. Definición

“Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto”. (Rivva López, 2000)



2.2.13.2. Clasificación

Existen muchas clasificaciones de los agregados, dependiendo de sus características y atendiendo a estos las principales para esta investigación serian:

De acuerdo a su tamaño:

- Agregado Fino
- Agregado Grueso

“Se define como agregado fino a aquel que pasa integralmente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200. Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4”. (Rivva López, 2000)

Según su peso:

- Agregados pesados
- Agregados de peso normal
- Agregados livianos

Según su origen:

- Naturales
- Artificiales

2.2.13.3. Funciones

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.



2.2.13.4. Características físicas

“En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas”. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.13.4.1. Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las Normas ASTM C-127 y C-128 indican los procedimientos para realizar dichos ensayos.

2.2.13.4.2. Peso Unitario

“Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa”. (Torre C, 2004)

2.2.13.4.3. Absorción

“Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias”. (Pasquel Carbajal, 1998)

“Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente seca se expresa generalmente en porcentaje”. (Abanto Castillo, 2009)



$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

2.2.13.4.4. Humedad

“Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla”. (Torre C, 2004)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

2.2.13.4.5. Granulometría

“Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas”. (Rivva López, 2000)

El agregado puede variar llegando a ocupar el 65% al 80% del volumen unitario del concreto, es por eso la importancia de elegir el adecuado agregado para la elaboración del concreto, es así que existen una serie de tamices estándar ASTM para concreto que nos ayudan a la mejor elección de los agregados.

Tabla 4
Tamices Estandar ASTM

DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILÍMETROS
3"	3	75
1 1/2"	1.5	37.5
3/4"	0.75	19
3/8"	0.375	9.5
Nro. 4	0.187	4.75
Nro. 8	0.0937	2.36
Nro. 16	0.0469	1.18
Nro. 30	0.0234	0.59
Nro. 50	0.0117	0.295
Nro. 100	0.0059	0.1475
Nro. 200	0.0023	0.0737

FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998)



Pero debido a que es difícil encontrar materiales que cumplan estos requisitos, pero en nuestro medio no se cuenta con buenos agregados, es por eso que nos vemos en la imperiosa necesidad de mezclar tanto los agregados gruesos como los finos. Esta mezcla de materiales obedece no solo a un tema técnico sino a un tema económico, es así que se tienen varias granulometrías y la resistencia variara no muy significativamente, claro esta que dichas modificaciones tendrán que ser analizadas con pruebas en laboratorios.

Los agregados finos y gruesos según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Los finos se clasifican debido a su granulometría en:

- Grupo C: Corresponde a arenas gruesas
- Grupo M: Corresponde a arenas intermedias
- Grupo F: Corresponde a arenas finas

Tabla 5
Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 - 100	95- 100	85 - 100	89 - 100
2.38 mm (N°8)	65 - 100	80- 100	65 - 100	80 - 100
1.20 mm (N° 16)	45 - 100	50-85	45 - 100	70 - 100
0.60 mm (N° 30)	25 - 100	25-60	25-80	55 - 100
0.30 mm (N° 50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
0.15 mm (N° 100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12	0 - 12

Fuente: (Torre C, 2004)

Para el agregado grueso:



Tabla 6
Requisitos granulométricos para el agregado grueso

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0mm (1")	19.0mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (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: (Torre C, 2004)

2.2.13.4.6. Módulo de fineza

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2", 3/4"; 3/8"; N°4; N°8; N°16; N°30; N°50; y N°100, dividida entre 100.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial, es por eso que se pueden obtener con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, éste no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado.

2.2.14. Aditivos

“Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine”. (Abanto Castillo, 2009)



Siendo los principales tipos de aditivos.

- a. Plastificante, reductor de agua; ideal para reducir la cantidad de agua de la mezcla y obtener una mezcla plástica.
- b. Retardador, como su nombre lo dice prolonga el tiempo de fraguado del concreto.
- c. Acelerador, reduce el tiempo de fraguado y por ende acelera el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.
- d. Plastificante y retardador, este como su nombre dice plastifica por ende reduce la cantidad de agua de la mezcla y retarda el fraguado.
- e. Plastificante y acelerador, este como su nombre dice plastifica por ende reduce la cantidad de agua de la mezcla y acelera su fraguado y el desarrollo de su resistencia.
- f. Incorporadores de aire, generan vacíos dentro de la estructura del concreto por ende tienen buen comportamiento en zonas de gradiente de temperatura, es decir donde hay
- g. Adhesivos, estos se aplican generalmente para mejorar la adherencia con el refuerzo
- h. Impermeabilizantes e inhibidores de corrosión.

2.2.15. Poliestireno expandido

La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded PolyStyrene. Este material es conocido también como Telgopor o Corcho Blanco, conocido en diferentes países con distintos términos como:

- Argentina: *Telgopor* marca comercial de la empresa Hulytego.
- Bolivia: *Plastoformo*.
- Brasil: *Isopor*.
- Colombia: *Icopor*, por su fabricante, Industria Colombiana de Porosos.
- Costa Rica: *Estereofón*, probablemente derivado del nombre comercial en inglés "Styrofoam", registrado por la [Dow Chemical](#).
- Chile: Generalmente se le dice *Plumavit*; aunque en ciertos lugares (especialmente en el área de la construcción) se le dice *Aislapol*, ya que ésta es la fabricante de poliestireno más antiguo de [Chile](#).
- Cuba: *Poliespuma*.
- Ecuador: *Espuma-flex*.
- El Salvador: "Durapax".
- España: *porespan*, *porexpan*, *poliespan*, *corchopán* o *corcho blanco*.



- Guatemala: *Duropor Duroport Thermopor*
- México: *Unicel* o *Hielo seco*.
- Nicaragua: *Poroplás*
- Perú: *Tecnopor.*, etc.

2.2.15.1. Definición

“El Poliestireno Expandido (EPS) se define técnicamente como un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire”. (Poliestireno Expandido, 2005)

“Styropor fue inventado hace más de 50 años por BASF. El surtido Styropor comprende más de 30 marcas, y se ha convertido en sinónimo para la construcción ahorradora de energía y embalajes racionales. Styropor se distingue por tener una muy buena capacidad de aislamiento térmico, una alta resistencia a la compresión, excelente amortiguación de choques, peso bajo e insensibilidad a la humedad. Una ventaja decisiva de Styropor es su relación coste – rendimiento favorable. Esto se puede apreciar en muchos sectores de aplicación”. (BASF, Informaciones Técnicas Styropor, 2001)

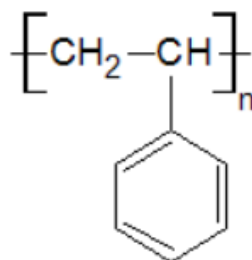


Figura 3: Formula del EPS

Fuente: (Poliestireno Expandido, 2005)

2.2.15.2. Propiedades físicas y características del EPS

a) Color

El color natural del poliestireno expandido es blanco

b) Densidad

Las densidades del poliestireno expandido oscila en el intervalo que va desde los 10 Kg/m³ hasta los 35 Kg/m³, esta característica de ser extremadamente ligera es la que le da la gran versatilidad en sus diferentes aplicaciones.

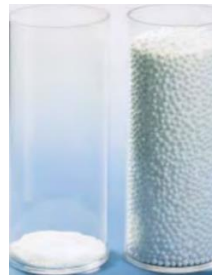


Figura 4: Comparación del tamaño de la materia prima con el de EPS pre expandido

Fuente: (BASF, Informaciones Técnicas Styropor, 2001)

c) Resistencia Mecánica

Se sabe que cualquier material más liviano es por lo general menos resistente, este es el caso del poliestireno expandido, como se puede apreciar en la figura donde se observa que a mayor densidad tiene un mejor comportamiento.

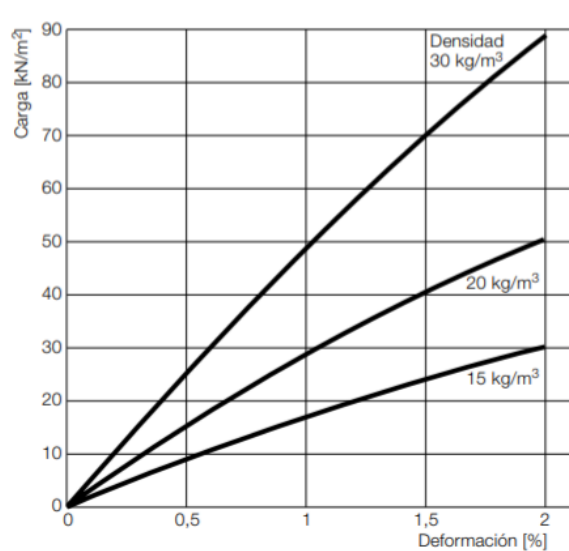


Figura 5: Carga VS Deformación

Fuente: (BASF, Informaciones Técnicas Styropor, 2001)



d) Aislamiento térmico – acústico.

“Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico”. (ANAPE A. N., 2019)

e) Absorción

Las espumas rígidas de EPS, al contrario de lo que sucede con muchos otros materiales, no son higroscópicas. Aún si están sumergidas en agua sólo absorben una cantidad baja de humedad. Debido a que las paredes de las células son impermeables para el agua, esta solo puede penetrar en los canales entre las perlas soldadas entre sí. Esto significa que la cantidad de agua absorbida depende tanto del comportamiento en la elaboración de la materia prima de EPS, como de las condiciones de elaboración, especialmente de la expansión. (BASF, Informaciones Técnicas Styropor, 2001)

Es por eso que en el caso de esta investigación se considerara nula ya que no usaremos bloques, sino las perlas y la humedad ingresa entre las paredes soldadas de las perlas que en este caso no se tienen.

f) Granulometría del Poliestireno Expandido

El tamaño de las perlas de poliestireno expandido, así como el de las celdas que las conforman, al igual que la densidad de los bloques de EPS dependen de la temperatura y el tiempo de fusión utilizados durante los procesos de pre-expansión y expansión. Las perlas al interior de un bloque de EPS con menor densidad tendrán mayor tamaño debido a que existe un mayor volumen de aire ocluido al interior de cada una de las celdas (BASF, Informaciones Técnicas Styropor, 2001).

Siendo en nuestro medio la utilización de perlas de EPS para el sector de la construcción el tamaño promedio de 5 mm de diámetro, variando de acuerdo a lo expuesto anteriormente.



2.2.15.3. Propiedades químicas del EPS

“El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias. En la siguiente tabla se detalla más información acerca de la estabilidad química del EPS”. (ANAPE A. N., 2019)

Tabla 7
Propiedades químicas del EPS

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina (agua de mar)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Acidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Acido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Acidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicas (acetona, ester, ..)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Fuente: (ANAPE A. N., 2019)

2.2.15.4. Propiedades Biológicas del del EPS

El poliestireno expandido debido a su composición química es un material que es imputrescible, no enmohece y no se descompone; eso no quiere decir que puede en condiciones ideales (suciedad), ser portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo.

“Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio. El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. En cuanto al efecto de la

temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85°C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos”. (ANAPE A. N., 2019)

2.2.15.5. Nivel de generación de residuos del EPS

En muchas partes del mundo más del 50% del EPS se utiliza para aplicaciones duraderas como el aislamiento térmico de los edificios, o como material de aligeramiento en diferentes construcciones.

“La percepción del público en general es que el EPS genera gran cantidad de residuos por ser este material de color blanco, muy visible y reconocible; este fenómeno se conoce como contaminación visual, pero no supone una contaminación real. El EPS representa únicamente un 0,1% del total de los residuos sólidos urbanos”. (ANAPE)

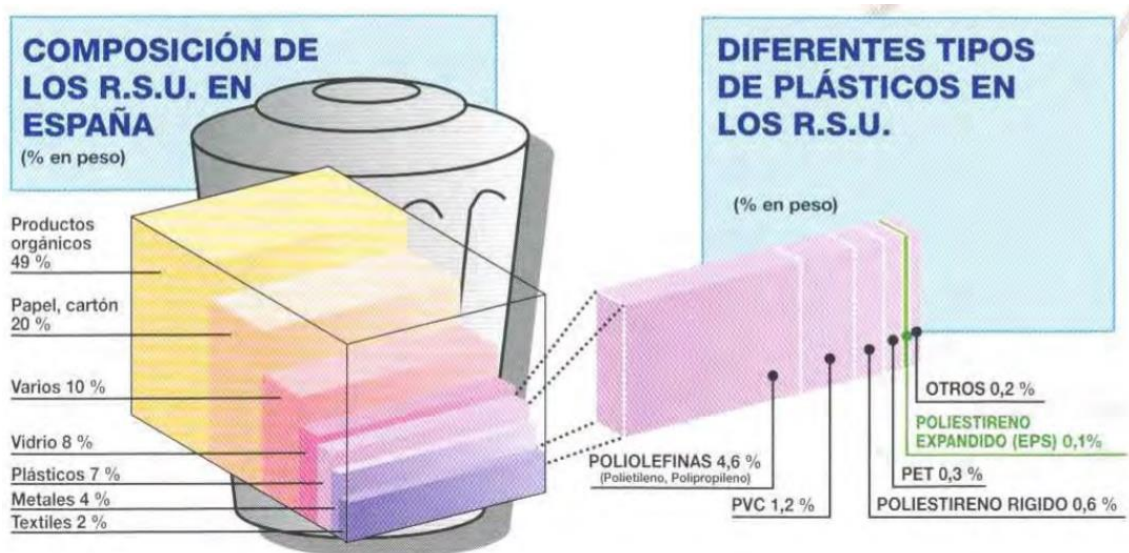


Figura 6: Composición de los Residuos Sólidos en España

Fuente: (ANAPE)



Segunda etapa: Reposo intermedio y estabilización

Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material pre expandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

Tercera etapa: Expansión y moldeo final

En esta etapa las perlas pre expandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas se sueldan entre sí., de esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc.) o productos conformados con su acabado definitivo.

2.2.15.7. Reciclado mecánico del EPS

El EPS puede reciclarse mecánicamente a través de diferentes formas y para distintas aplicaciones:

a) Fabricación de nuevas piezas de EPS:

Los envases y embalajes post-consumo pueden triturarse y destinarse a la fabricación de nuevas piezas en Poliestireno Expandido. De esta forma se fabrican nuevos embalajes con contenido reciclado o productos para la construcción.

b) Mejora de suelos/Auxiliar para el Compost:

Los residuos de EPS una vez triturados y molidos se emplean para ser mezclados con la tierra y de esta forma mejorar su drenaje y aireación. También pueden destinarse a la aireación de los residuos orgánicos constituyendo una valiosa ayuda para la elaboración del compost (tipo de abono).

c) Incorporación a otros materiales de construcción

Los residuos de EPS tras su molido a diferentes granulometrías, se mezclan con otros materiales de construcción para fabricar ladrillos ligeros y porosos, morteros y enlucidos aislantes, hormigones ligeros, etc.

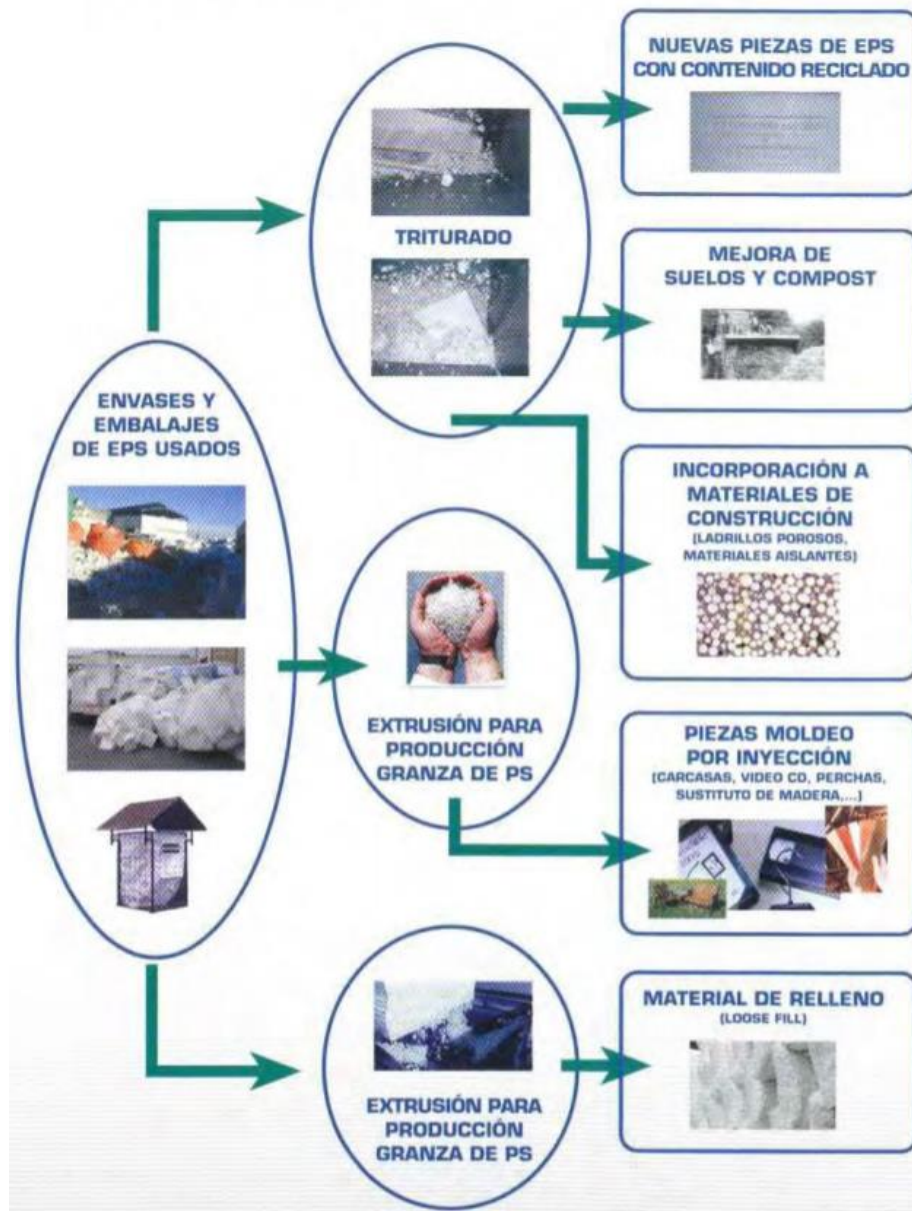


Figura 8: Procedimiento de reciclado de EPS

Fuente: (ANAPE A. N., 2019)

a) Producción de granza de PS

Los embalajes de EPS usados se transforman fácilmente mediante simples procesos de fusión o sinterizado obteniéndose nuevamente el material de partida: el poliestireno compacto-PS en forma de granza. La granza así obtenida puede utilizarse para fabricar piezas sencillas mediante moldeo por inyección, como perchas, bolígrafos, carcasas, material de oficina, etc. o extrusión en placas u otras formas para utilizarse como sustituto de la madera (bancos, postes, celosías...).



b) Material de relleno

Los embalajes o planchas de EPS usados se transforman fácilmente en material de relleno para embalajes o rellenos diversos (cojines, peluches, etc)

2.2.16. Diseño de mezcla del concreto

El concreto y sus derivados son resultados de diseños, trabajos reales de ingeniería, susceptibles de toda acción de ajuste, modificación y lo que es más importante, de optimización. (Medina, 2011)

Las características pueden incluir: (1) propiedades del concreto fresco, (2) propiedades mecánicas del concreto endurecido y (3) la inclusión, exclusión o límites de ingredientes específicos. El diseño de la mezcla lleva al desarrollo de la especificación del concreto. (Kosmatka, 2004)

El proporcionamiento, así como la selección de los materiales están definidos como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo

2.2.16.1. Método DIN – 1045

El método DIN – 1045 es una aplicación singularizada del método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

Este procedimiento considera nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, los seis primeros pasos son idénticos al método ACI, el siguiente paso es perteneciente al método DIN - 1045 y los dos últimos son idénticos al método ACI incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

1. El primer paso contempla la selección de la resistencia de diseño.

Según el comité europeo que recomienda usar la fórmula:

$$f'_{cr} = \frac{f'c}{1 - t * v}$$

Donde:



- Coeficiente de variación: v
- Factor que depende del % de resultados: t

Tabla 8
Coeficiente de variación (v) en función del grado de control

Grado de Control	Valor (%)
Laboratorio	5%
Excelente en obra	10% - 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

Fuente: Comité Europeo

Tabla 9
Factor t que depende del % de resultados

N° Muestras	Posibilidad de caer debajo del límite inferior		
	1 en 5	1 en 10	1 en 20
1	1.376	3.078	6.314
2	1.061	1.886	2.92
3	0.978	1.638	2.353
4	0.941	1.533	2.132
5	0.92	1.476	2.015
6	0.906	1.44	1.943
7	0.896	1.415	1.895
8	0.889	1.397	1.86
9	0.883	1.383	1.838
10	0.879	1.372	1.812
15	0.866	1.341	1.753
20	0.86	1.325	1.725
25	0.856	1.316	1.708
30	0.854	1.31	1.697
>30	0.842	1.282	1.645

Fuente: Comité Europeo

2. La elección del tamaño máximo del agregado.

Dicho dato se tiene del análisis granulométrico de los agregados, dándonos también en un concreto convencional la cantidad de aire atrapado.



Tabla 10

TNM de agregado grueso

TNM del agregado Grueso	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
4"	0.2

Fuente: Comité Europeo

3. Como tercer paso, se selecciona el asentamiento en función de las características del elemento estructural y del sistema de locación del concreto.

La consistencia es aquella es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto la clasifican en:

- Mezclas secas: aquella cuyo asentamiento está entre cero y dos pulgadas (0mm a 50mm).
- Mezclas plásticas: aquella cuyo asentamiento está entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100mm).
- Mezclas fluidas: aquella cuyo asentamiento está entre cinco a más pulgadas (mayor de 125mm).

De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento, medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto. (Rivva Lopez, 2010)



4. Como cuarto paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del revenimiento requerido, el tamaño máximo del agregado y el perfil del mismo, considerando concreto sin y con aire incluido.

Tamaño Máximo Nominal	Volumen unitario de agua, expresado en Lt/m ³ .					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4 "	170	189	185	204	208	227
1 "	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

5. Como quinto 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.

Caso se considera la utilización de un reductor de agua de buena calidad debe disminuir los requisitos de agua en el orden del 8% al 10%, o más, e incrementar la resistencia significativamente para el mismo contenido de cemento. (Rivva López, 2000)

6. El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso cuatro, y la relación agua cemento, obtenida en el paso quinto; 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.

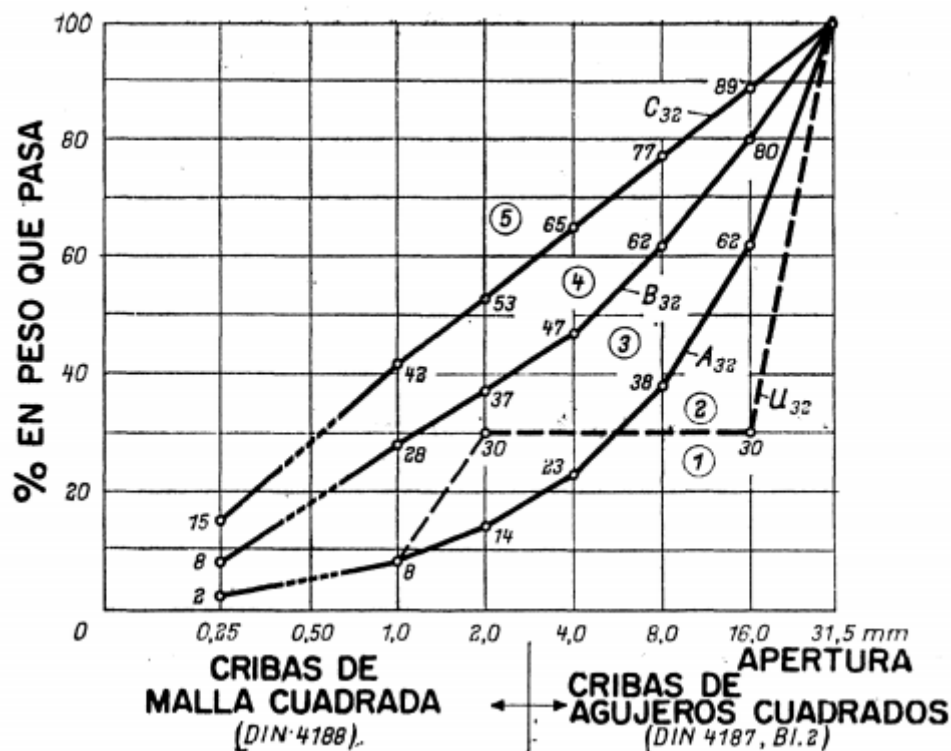
Según DIN 1045, la cantidad mínima de cemento debe establecerse en base a pruebas – ensayo de aptitud, recomienda mínimo 280Kg/m³



7. Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado global que es el grueso y fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, se determina el módulo de finura del agregado global mediante tanteo de la tabla granulométrica cuyo valor deberá oscilar entre 5.2 – 5.3 o que se ajusten a las combinaciones de los agregados de la banda correspondiente, siendo necesario la realización de los ensayos de aptitud. Los porcentajes obtenidos serán los porcentajes de incidencia de los agregados y se calcula los pesos secos de los agregados, teniendo en cuenta las curvas designadas de acuerdo al tamaño máximo nominal de los agregados, tratando de optimizarlas dentro del rango establecido.

Tabla 11

Curva granulométrica límite para mezclas con áridos con un tamaño máximo de 32mm



Fuente: DIN 1045

8. 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.



9. 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 revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado.

2.2.17. Ensayo de consistencia

Este ensayo es también en muchos lugares como ensayo de revenimiento, slump test, que se utiliza principalmente para caracterizar y tomar las decisiones de aceptación o no del concreto en estado fresco. Dicho ensayo sigue ciertos pasos y procedimientos indicados en la norma y detallados a continuación.

Equipo:

- **Cono de Abrams.** Dicho molde tiene una forma troncocónica, muchas veces tiene una base a la cual se sujeta, caso contrario tiene unas pisaderas las cuales sirven para que en el momento de ensayo no se separe de la plancha base, las dimensiones se pueden ver en la figura adjunta.
- **Barra compactadora.** Esta barra se utilizará para compactar el concreto, esta barra tiene medidas estándar y una punta ovalada para evitar la formación de burbujas al momento de compactar, las medidas se adjuntan en la figura siguiente.

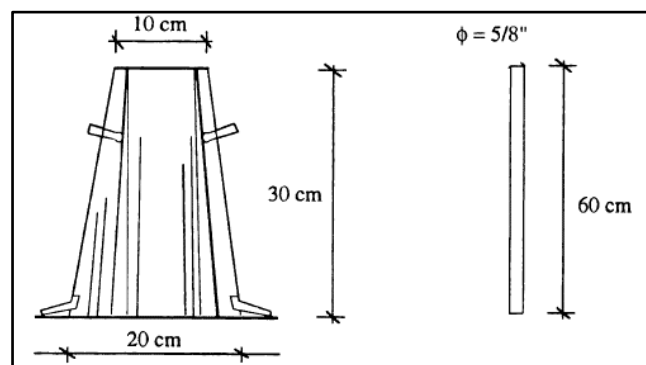


Figura 9: Equipo para ensayo de asentamiento

Fuente: (Abanto, 2009)

Procedimiento:

Este procedimiento esta normado, es decir que existe pasos que se tienen que seguir, primero humedecer con un trapo húmedo el cono, la varilla y el cucharón, luego se procede a colocar el



concreto en 3 capas de igual volumen y cada capa apisonar con la varilla con 25 golpes en forma espiral, empezando cerca de las paredes y terminando en el eje. Una vez lleno el cono se enrasa con ayuda de la varilla u otro q cumpla esta función, se limpia el borde y alrededores sin dejar de presionar el cono contra la base, luego retirar el cono de manera vertical hacia arriba sin producir giros ni movimientos que dañen el ensayo. “La disminución de la altura en la parte superior se llama asentamiento. El tiempo estimado desde el inicio de prueba hasta su culminación es de 2 minutos y el desmolde no toma más de 5 segundos”. (Abanto, 2009)

2.2.18. Ensayo de resistencia a la compresión

“El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta”. (N.T.P. 339.034, 2008)

Equipo:

Máquina de ensayo: En este caso será una máquina de compresión, esta deberá ser capaz de soportar el esfuerzo de las probetas a ensayar cumpliendo los parámetros de la norma.



Figura 10: Máquina de Compresión



Según N.T.P. 339.034 (2008), para realizar los ensayos de compresión nos dan las siguientes recomendaciones respecto a la máquina de compresión:

- La verificación de la calibración de las máquinas de ensayo Al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses.
- El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá $\pm 1,0$ % de la carga indicada.
- La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento.

Probetas:

Según N.T.P. 339.034 (2008), nos dan recomendaciones para el preparado de los testigos:

- No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más de 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).

Procedimiento:

Según N.T.P. 339.034 (2008), el procedimiento para realizar el ensayo de compresión de los testigos considerando los siguientes pasos:

1. Ensayar los testigos cuando se encuentren en estado de superficie superficialmente seca.
2. Los testigos tienen que estar identificados antes de la prueba, esto con el propósito de no generar confusiones posteriores.
3. No permitir que los testigos se sequen antes de la prueba, realizar la preparación de los testigos según N.T.P. 339.034.



Tabla 12
Tolerancia permisible de tiempo de ensayo

Edad	Tolerancia permisible de tiempo de ensayo
24 Hs	± 0.5 h ó 2.1 %
3 días	2 h ó 2.8 %
7 días	6 h ó 3.6 %
28 días	20 h ó 3.0 %
90 días	2 días ó 2.2 %

Fuente: (N.T.P. 339.034, 2008)

4. Se verificará el estado de las almohadillas de neopreno, si es necesario removerlas y cambiarlas por unas nuevas, posteriormente centrar el testigo guiándonos siempre por la parte superior, verificar que los extremos de las probetas no presenten desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
5. Centrar el testigo en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura Aplicar carga continuamente (sin choque) con un rango de velocidad de 0.25 ± 0.05 MPa/s hasta que el espécimen falle, La velocidad requerida de movimiento dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto y de la solidez de la máquina de ensayo.
6. Registrar la máxima carga soportada por el espécimen.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El reemplazo de agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en diferentes porcentajes y una proporcional dosificación de materiales producen concretos con menores densidades y con resistencias que cumplan las normas de concretos ligeros.

2.3.2. Sub hipótesis

1. Las características físicas de los agregados cumplen con las normas técnicas peruanas.
2. El porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplaza al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros es del 50%.



3. La utilización de aditivo reductor de agua y retardante de fragua en el rango de 1% - 2% del peso del cemento mejora el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido.
4. El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto aumentara la consistencia del concreto
5. El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto disminuirá la resistencia a la compresión del concreto

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables dependientes.

- Resistencia a la compresión del concreto con Perlas de Poliestireno Expandido, es el esfuerzo que soporta un testigo de concreto al ser comprimido axialmente, sin presentar fractura. Indicador: fuerza (Kgf) / Área (cm²)
- Revenimiento del concreto ligero, se refiere a la medición de la consistencia del concreto. Indicador: Longitud (plg).
- Peso unitario del concreto ligero, se refiere a la densidad del concreto. Indicador: masa (kg) / volumen (m³).

2.4.2. Variables independientes.

- Resistencia a la compresión del concreto patrón, es el esfuerzo que soporta un testigo de concreto al ser comprimido axialmente, sin presentar fractura. Indicador: fuerza (Kgf) / Área (cm²)
- Revenimiento del concreto patrón, se refiere a la medición de la consistencia del concreto. Indicador: Longitud (plg).
- Perlas de Poliestireno expandido, cantidad de material plástico celular que reemplaza al agregado grueso. Indicador: Volumen (m).
- Aditivo reductor de agua y retardante de fragua, son materiales que reduce la cantidad de agua en la mezcla y actúa también haciendo el fraguado extendido de forma controlada. Indicador: Masa (gr).



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables.

Tabla 13.
Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	
VARIABLE DEPENDIENTE						
Resistencia a la compresión del concreto con Perlas de Poliestireno Expandido	Esfuerzo que soporta un testigo de concreto al ser comprimido axialmente, sin presentar fractura	Resistencia 7 días Resistencia 28 días	Fuerza / Área	Kgf/cm ²	Guías de observación de campo Tablas de resultados	
Revenimiento del concreto ligero	Medición de la consistencia del concreto.	Asentamiento a los 0 mint Asentamiento a los 30 mint Asentamiento a los 60 mint Asentamiento a los 90 mint Asentamiento a los 120 mint	Longitud	plg		
Peso unitario del concreto ligero	Es la densidad del concreto	Densidad	Masa / Volumen	kg/m ³		
VARIABLE INDEPENDIENTE						
Resistencia a la compresión del concreto patron	Esfuerzo que soporta un testigo de concreto al ser comprimido axialmente, sin presentar fractura	Resistencia 7 días Resistencia 28 días	Fuerza / Área	Kgf/cm ²		Guías de observación de campo Tablas de resultados
Revenimiento del concreto patron	Medición de la consistencia del concreto.	Asentamiento a los 0 mint Asentamiento a los 30 mint Asentamiento a los 60 mint Asentamiento a los 90 mint Asentamiento a los 120 mint	Longitud	plg		
Perlas de poliestireno expandido	Cantidad de material plástico celular que reemplaza al agregado grueso.	25% reemplazo del Agregado grueso 50% reemplazo del Agregado grueso 75% reemplazo del Agregado grueso 100% reemplazo del Agregado grueso	Volumen	m ³		
Aditivo reductor de agua y retardante de fragua	Son materiales que reduce la cantidad de agua en la mezcla y actúa también haciendo el fraguado extendido de forma controlada.	1.5% del Peso del cemento	Masa	gr.		



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

“El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y que estos pueden ser reproducidos con las mismas condiciones en cualquier momento. Además, nos permite hacer el uso de datos numéricos”. (Hernández Sampieri, 2014)

Por ende, el tipo de investigación es Cuantitativa, porque se procederá a recolectar datos a partir de mediciones realizadas, se las analizarán y se obtendrán resultados objetivos.

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren”. (Hernández, 2010)

En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga, siendo esta investigación de nivel descriptivo por que se evalúa o recolecta datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

3.1.3. Método de la investigación

“Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos”. (Bernal, 2010)

En este trabajo de investigación se optó por el método hipotético-deductivo, porque se ha iniciado la investigación a partir de una hipótesis general y sub hipótesis para poder ver el comportamiento del concreto ligero, de esta manera posteriormente se podrán comprobar si las hipótesis se cumplen o no, atreves en este caso de los ensayos y análisis de los datos obtenidos.



3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño metodológico

“Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”. (Hernández, 2010)

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones estímulos o tratamientos (variable independiente para observar los efectos reacciones que se producen (variable dependiente)”. (Arias F. , 2012)

Es por esto que la investigación es de Diseño Experimental, ya que manipularemos algunas variables para poder ver los efectos que esta generara.



3.2.2. Diseño de ingeniería

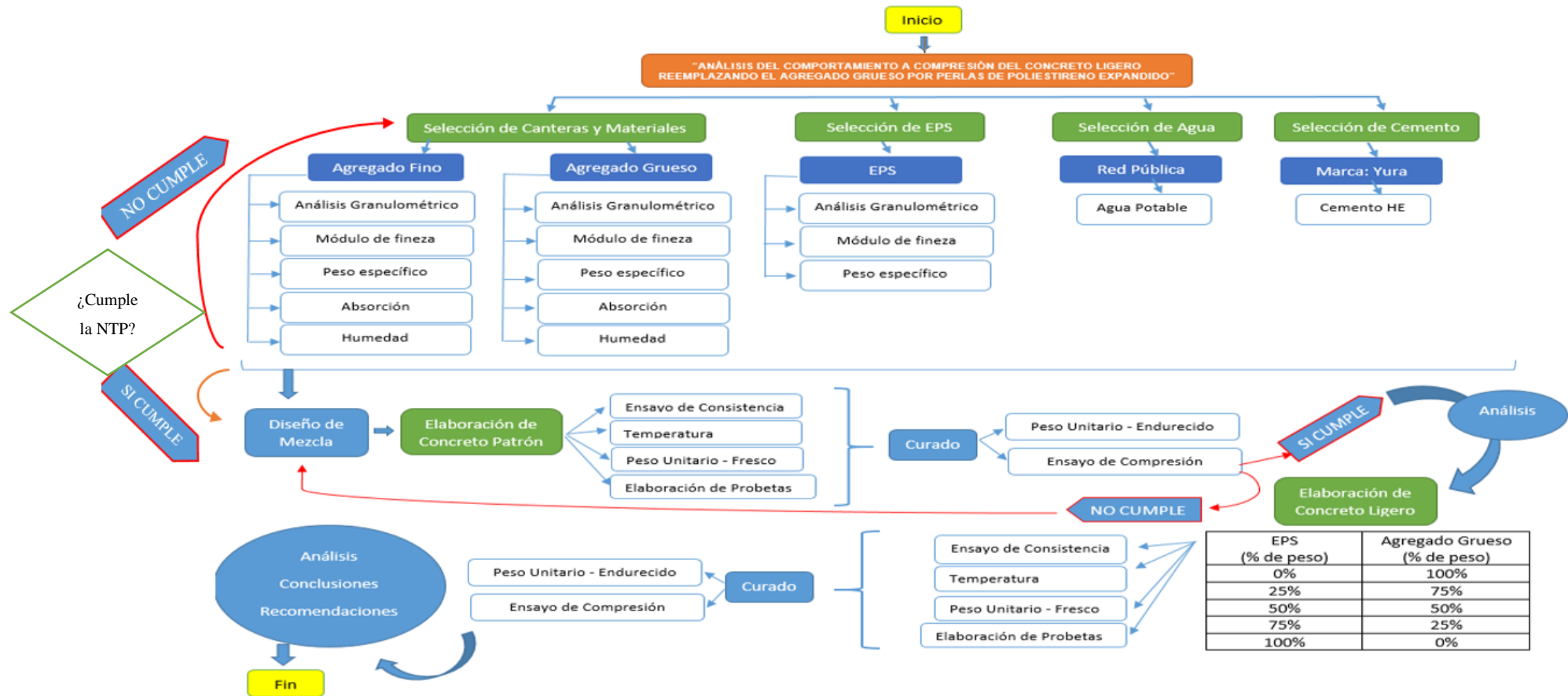


Figura 11: Diseño de ingeniería



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (Arias F. , 2012)

Está conformada por la totalidad de testigos de concreto con las siguientes características: Realizados con cemento de la marca YURA del tipo HE, agregado grueso de la cantera de Candia, agregado fino de la cantera de Abril y Vicho y con agua potable de la ciudad de Cusco y aditivo marca Ulmen W-84, además, las testigos serán curados permanentemente en un pozo de curado. Los testigos serán cilíndricos con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm. elaborados según las especificaciones de la norma.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población tiene una cantidad total de 84 briquetas que se distribuyen en 2 grupos: 24 briquetas para los ensayos de resistencia a la compresión del diseño base, realizado para la verificación de la resistencia de diseño y 60 para ensayar su resistencia con diferentes porcentajes de agregado grueso y perlas de poliestireno expandido.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra está constituida de cinco tipos de concreto:

D-0-26: Considerado como el grupo de control, en este grupo no se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido.

D-0-28: Considerado como el grupo de control, en este grupo no se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido.

D-1-28: Considerado como el grupo de control, en este grupo se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido en un 25% del volumen.



D-2-28: Considerado como el grupo de control, en este grupo se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido en un 50% del volumen.

D-1-29: Considerado como el grupo de control, en este grupo se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido en un 75% del volumen.

D-2-29: Considerado como el grupo de control, en este grupo se sustituyó el agregado grueso por el poliestireno expandido en un 100% del volumen.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La norma E.060, Capítulo 4, Item 4.3.3.1., “Para cada mezcla de prueba deberán prepararse y curarse por lo menos 3 probetas para cada edad de ensayo”. En la investigación, por cada grupo y edad se considerará 6 muestras, excepto el diseño D-0-26 (concreto patrón).

Tabla 14
Distribución de muestras para ensayar

Distribución de la Muestra												
	D-0-26		D-0-28		D-1-28		D-2-28		D-1-29		D-2-29	
	A°G°	EPS	A°G°	EPS	A°G°	EPS	A°G°	EPS	A°G°	EPS	A°G°	EPS
Días	100%	0%	100%	0%	75%	25%	50%	50%	25%	75%	0%	100%
7	12		6		6		6		6		6	
28	12		6		6		6		6		6	
	24		12		12		12		12		12	
												Total
												84

3.3.2.3. Método de muestreo

Dado que los elementos de evaluación de los tipos de muestra se elaboran por conveniencia, es no probabilístico, se consideraron la cantidad de briquetas en función del criterio de los investigadores.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Las muestras se consideraron teniendo en cuenta los ensayos a realizar, la cantidad de pruebas necesarias y las limitaciones de la investigación, siendo el principal el ensayo de resistencia a la compresión.



3.3.3. Criterios de inclusión

Las muestras deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Grupo de briquetas con cemento Yura Tipo HE
- Grupo de briquetas que cumplan con la distribución de la muestra.
- Grupos de briquetas con tiempo de curado de 7 y 28 días.
- Todas las muestras tendrán forma cilíndrica, con dimensiones: diámetro de 10 cm. y altura de 20 cm. Según se especifica en la norma ASTM C-31.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

A continuación, se presenta las guías de recolección de datos utilizados y elaborados para la investigación y al cual denominaremos como “GRD”, cabe recalcar que los ensayos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de control de calidad de la empresa CONCRETOS KALLPA MIX.

Tabla 15
GRD - Granulometría del agregado fino

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura		Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																			
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																				
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia		Fecha:																																																																		
Laboratorio:																																																																					
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO																																																																					
Análisis Granulométrico NTP 400.012																																																																					
Observaciones:	_____ _____ _____		Ws= Peso de la muestra seca																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th>Ws = (g)</th> <th>Ws = (g)</th> <th>Ws = (g)</th> <th colspan="2" rowspan="2">LIMITES ASTM</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td># 3/8</td> <td>9.520</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.760</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>95.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>80.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 16</td> <td>1.190</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>50.00%</td> <td>85.00%</td> </tr> <tr> <td># 30</td> <td>0.600</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25.00%</td> <td>60.00%</td> </tr> <tr> <td># 50</td> <td>0.300</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5.00%</td> <td>30.00%</td> </tr> <tr> <td># 100</td> <td>0.149</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = (g)	Ws = (g)	Ws = (g)	LIMITES ASTM		M-1	M-2	M-3	# 3/8	9.520				100.00%	100.00%	# 4	4.760				95.00%	100.00%	# 8	2.360				80.00%	100.00%	# 16	1.190				50.00%	85.00%	# 30	0.600				25.00%	60.00%	# 50	0.300				5.00%	30.00%	# 100	0.149				0.00%	10.00%	Fondo	0.000				-	-
TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = (g)	Ws = (g)			Ws = (g)	LIMITES ASTM																																																														
		M-1	M-2	M-3																																																																	
# 3/8	9.520				100.00%	100.00%																																																															
# 4	4.760				95.00%	100.00%																																																															
# 8	2.360				80.00%	100.00%																																																															
# 16	1.190				50.00%	85.00%																																																															
# 30	0.600				25.00%	60.00%																																																															
# 50	0.300				5.00%	30.00%																																																															
# 100	0.149				0.00%	10.00%																																																															
Fondo	0.000				-	-																																																															



Tabla 16
GRD - Granulometría del agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																	
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																	
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																																
Laboratorio:		Fecha:																																																															
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO																																																																	
Análisis Granulométrico NTP 400.012																																																																	
Observaciones:	<div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></div>																																																																
		Ws= Peso de la muestra seca																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th>Ws = (g)</th> <th>Ws = (g)</th> <th>Ws = (g)</th> <th colspan="2" rowspan="2">LIMITES ASTM</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.050</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>90.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.700</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20.00%</td> <td>55.00%</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.520</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>15.00%</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.760</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>5.00%</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> </tbody> </table>							TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = (g)	Ws = (g)	Ws = (g)	LIMITES ASTM		M-1	M-2	M-3	1"	25.400				100.00%	100.00%	3/4"	19.050				90.00%	100.00%	1/2"	12.700				20.00%	55.00%	3/8"	9.520				0.00%	15.00%	N° 4	4.760				0.00%	5.00%	N° 8	2.360				0.00%	0.00%	Fondo	0.000				0.00%	0.00%
TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = (g)	Ws = (g)	Ws = (g)	LIMITES ASTM																																																												
		M-1	M-2	M-3																																																													
1"	25.400				100.00%	100.00%																																																											
3/4"	19.050				90.00%	100.00%																																																											
1/2"	12.700				20.00%	55.00%																																																											
3/8"	9.520				0.00%	15.00%																																																											
N° 4	4.760				0.00%	5.00%																																																											
N° 8	2.360				0.00%	0.00%																																																											
Fondo	0.000				0.00%	0.00%																																																											



Tabla 17
GRD – Granulometría de las perlas de EPS

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"		
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia		
Laboratorio:		Fecha:	
GRANULOMETRÍA - PESO ESPECIFICO DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO			
Análisis Granulométrico			
Observaciones:			
<hr/> <hr/> <hr/>			
Muestra	W total = (g)	W total = (g)	W total = (g)
	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			



Tabla 18
GRD - Peso específico y absorción del agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																															
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia	Fecha:																															
Laboratorio: Laboratorio Kallpa Mix Cusco																																
Ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos																																
NTP 400.022																																
Observaciones: _____ _____ _____																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Símbolo</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 1</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 2</th> <th style="width: 10%;">Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Fiola + Peso del Agua</td> <td>Pf + Pw</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS</td> <td>Pf + Pw + Psss</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g				Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g				Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g				Peso de la muestra seca	P	g			
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																											
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g																														
Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g																														
Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g																														
Peso de la muestra seca	P	g																														

Tabla 19
GRD - "Peso específico y absorción del agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																															
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia	Fecha:																															
Laboratorio:																																
Ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos																																
NTP 400.021																																
Observaciones: _____ _____ _____																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Símbolo</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 1</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 2</th> <th style="width: 10%;">Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen inicial de la probeta</td> <td>Vi</td> <td>cm³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen final de la probeta</td> <td>Vf</td> <td>cm³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g				Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³				Volumen final de la probeta	Vf	cm ³				Peso de la muestra seca	P	g			
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																											
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g																														
Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³																														
Volumen final de la probeta	Vf	cm ³																														
Peso de la muestra seca	P	g																														

- GRD - Peso específico de las perlas de EPS
Formato de toma de datos con los mismos datos que el utilizado para granulometría



Tabla 20
Material que pasa la Malla N° 200


	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																									
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																									
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																									
Laboratorio:		Fecha:																								
Materiales mas finos que pasan por el Tamiz N°200 por lavado																										
NTP 400.018																										
Observaciones: _____ _____ _____																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Símbolo</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 1</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 2</th> <th style="width: 10%;">Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de material seco + tara</td> <td>Pht</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de material seco despues de lavado + tara</td> <td>Pst</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>Pt</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de material seco + tara	Pht	g				Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g				Peso de la tara	Pt	g			
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																					
Peso de material seco + tara	Pht	g																								
Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g																								
Peso de la tara	Pt	g																								

Tabla 21
Contenido de humedad para agrega fino y grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																									
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																									
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																									
Laboratorio:		Fecha:																								
Contenido de Humedad Natural																										
NTP 339.185																										
Observaciones: _____ _____ _____																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Símbolo</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 1</th> <th style="width: 15%;">Ensayo 2</th> <th style="width: 10%;">Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso de la material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso de la material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso de la material natural	P (t+ah)	g				Peso de la tara + Peso de la material seco	P (t+as)	g				Peso de la tara	t	g			
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																					
Peso de la tara + Peso de la material natural	P (t+ah)	g																								
Peso de la tara + Peso de la material seco	P (t+as)	g																								
Peso de la tara	t	g																								



Tabla 22

Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																						
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																					
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																					
Laboratorio:		Fecha:																																				
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																						
NTP 339.035																																						
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de inicio:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td></td> <td rowspan="5"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Hora de inicio:					Hora de término:					Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00					0:30				1:00				1:30				2:00			
Hora de inicio:																																						
Hora de término:																																						
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00																																						
0:30																																						
1:00																																						
1:30																																						
2:00																																						

Tabla 23

Densidad (peso unitario), rendimiento

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																										
Laboratorio:		Fecha:																									
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																											
NTP 339.046																											
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Código de Diseño:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Descripción</td> <td style="width: 15%;">Símbolo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm (m³)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Código de Diseño:					Descripción	Símbolo				Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)				Masa del recipiente:	Mm (g)				Volumen de la medida:	Vm (m ³)			
Código de Diseño:																											
Descripción	Símbolo																										
Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)																										
Masa del recipiente:	Mm (g)																										
Volumen de la medida:	Vm (m ³)																										



- Agitador mecánico de tamices
- Bandejas
- Brocha
- Juego de tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y fondo

Granulometría de las perlas de poliestireno expandido

- Balanza
- Pie de rey

Peso específico del agregado fino

- Balanza
- Picnómetro con capacidad de 500 ml
- Cono de absorción
- Apisonador de metal
- Bomba de vacíos
- Horno
- Bandejas

Peso específico del agregado grueso

- Balanza
- Cesta
- Horno
- Bandejas

Peso específico de las perlas de poliestireno expandido

- Balanza
- Pie de rey

Material que pasa la malla N° 200



- Tamiz N° 200
- Balanza
- Horno
- Recipientes

Contenido de humedad de los agregados

- Balanza
- Bandejas
- Horno

Ensayo de consistencia

- Cono de Abrams
- Barra compactadora
- Metro o wincha

Densidad (peso unitario), rendimiento

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Placa de alisado
- Mazo
- Cuchara

Ensayo de resistencia a la compresión

- Maquina compresora
- Pie de rey



3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

Para realizar los ensayos de laboratorio, primero para cada uno de estos se debe tener una muestra representativa, la cual debería de englobar las características de todo el material.

Para esto se debe obtener por lo menos 3 incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra cuya masa sea igual o exceda lo mínimo recomendado. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto, en general las cantidades están indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 25
Medida de muestras

Tamaño máximo nominal agregado	Masa mínima muestra	Volumen mínima muestra
AGREGADO FINO		
2,36 mm [N° 8]	10 kg [22 lb]	8 lt [2 gal]
4,75 mm [N° 4]	10 kg [22 lb]	8 lt [2 gal]
AGREGADO GRUESO		
9,5 mm [3/8 pulg]	10 kg [22 lb]	8 lt [2 gal]
12,5 mm [1/2 pulg]	15 kg [35 lb]	12 lt [3 gal]
19,0 mm [3/4 pulg]	25 kg [55 lb]	20 lt [5 gal]
25,0 mm [1 pulg]	50 kg [110 lb]	40 lt [10 gal]
37,5 mm [1 ½ pulg]	75 kg [165 lb]	60 lt [15 gal]
50,00 mm [2 pulg]	100 kg [220 lb]	80 lt [21 gal]
63,00 mm [2 1/2 pulg]	125 kg [275 lb]	100 lt [26 gal]
75,00 mm [3 pulg]	150 kg [330 lb]	120 lt [32 gal]
90,00 mm [3 1/2 pulg]	175 kg [385 lb]	140 lt [37 gal]

Fuente (NTP 400.010, 2001)

3.5.1. Granulometría de los agregados

Se realizaron los ensayos para dos tipos de agregados finos, una arena gruesa natural zarandeada de la cantera de Vicho, arena fina de la cantera de Abril y uno de agregado grueso, piedra de la cantera de Candia.



Figura 12: Selección de material para su posterior cuarteo

Mezclar completamente la muestra y reducir a la cantidad necesaria para el ensayo. La cantidad deseada cuando esta esta seca deberá ser resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

- Agregado Fino. - La cantidad de la muestra, luego del secado será de 300 g mínimo.
- Agregado Grueso. - Será conforme a lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla 26

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal	Cantidad mínima de muestra
9,5 mm [3/8 pulg]	1 kg [2 lb]
12,5 mm [1/2 pulg]	2 kg [4 lb]
19,0 mm [3/4 pulg]	5 kg [11 lb]
25,0 mm [1 pulg]	10 kg [22 lb]
37,5 mm [1 1/2 pulg]	15 kg [33 lb]
50,00 mm [2 pulg]	20 kg [44 lb]
63,00 mm [2 1/2 pulg]	35 kg [77 lb]
75,00 mm [3 pulg]	60 kg [130 lb]
90,00 mm [3 1/2 pulg]	100 kg [220 lb]
100,00 [4 pulg]	150 kg [330 lb]
125,00 [5 pulg]	300 kg [660 lb]

Fuente (NTP 400.012, 2001)

3.5.1.1. Agregado fino (NTP 400.012)

a. Equipos

- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- 1 tamizador mecánico.
- 1 juego de tamices (3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y el fondo).
- 1 balanza de aproximación de 0.1g.
- 1 brocha.
- Recipientes.

b. Procedimiento

Una vez obtenida la muestra según la recomendación de la norma citada líneas arriba, se procede por medio del cuarteo a tener la muestra requerida (no deberá ser menos que la necesaria mínima para dicho ensayo) para así someterla a este ensayo.

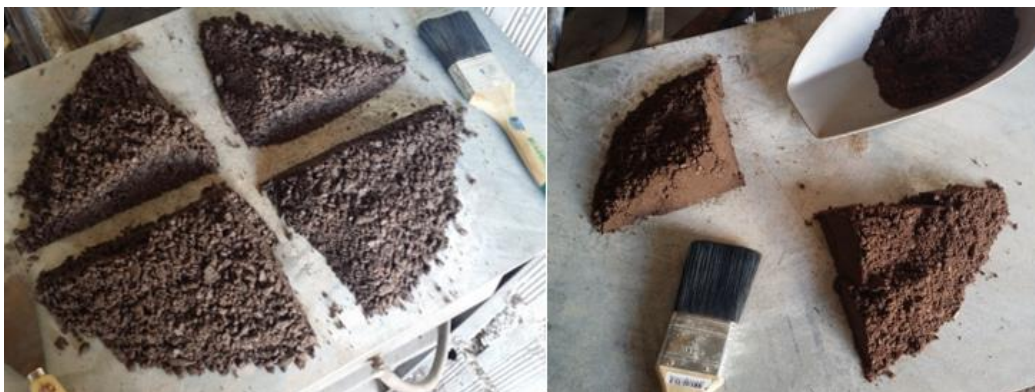


Figura 13: Proceso del muestreo del agregado fino mediante el cuarteo

La muestra seleccionada es colocada en el horno a temperatura constante $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas para que este en condición seca, se la pesa la mezcla para luego ser colocada en el primer tamiz de la serie: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, y fondo. Luego es sometida a un proceso de tamizado mecánico.

Se pesa el material retenido en los diferentes tamices para posteriormente realizar los cálculos en gabinete, se realizó este ensayo para los dos agregados finos.



Figura 14: Pesaje del agregado fino retenido en cada tamiz

c. Toma de datos

Tabla 27

Toma de datos - Granulometría de Agregado fino - Cantera Vicho



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																						
		Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																						
		Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																							
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia					Fecha:	05/25/2018																																																																	
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco																																																																							
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO																																																																								
Análisis Granulométrico NTP 400.012																																																																								
Observaciones:																																																																								
Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho					Ws= Peso de la muestra seca																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th>Ws = 684.60 (g)</th> <th>Ws = 688.95 (g)</th> <th>Ws = 700.05 (g)</th> <th colspan="2" rowspan="2">LIMITES ASTM</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td># 3/8</td> <td>9.520</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.760</td> <td>59.90</td> <td>60.10</td> <td>63.60</td> <td>95.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td>149.70</td> <td>154.05</td> <td>149.25</td> <td>80.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 16</td> <td>1.190</td> <td>149.70</td> <td>144.90</td> <td>146.10</td> <td>50.00%</td> <td>85.00%</td> </tr> <tr> <td># 30</td> <td>0.600</td> <td>89.85</td> <td>91.40</td> <td>94.45</td> <td>25.00%</td> <td>60.00%</td> </tr> <tr> <td># 50</td> <td>0.300</td> <td>95.40</td> <td>97.60</td> <td>99.80</td> <td>5.00%</td> <td>30.00%</td> </tr> <tr> <td># 100</td> <td>0.149</td> <td>91.80</td> <td>93.10</td> <td>92.00</td> <td>0.00%</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0.000</td> <td>48.25</td> <td>47.80</td> <td>54.85</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>							TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 684.60 (g)	Ws = 688.95 (g)	Ws = 700.05 (g)	LIMITES ASTM		M-1	M-2	M-3	# 3/8	9.520				100.00%	100.00%	# 4	4.760	59.90	60.10	63.60	95.00%	100.00%	# 8	2.360	149.70	154.05	149.25	80.00%	100.00%	# 16	1.190	149.70	144.90	146.10	50.00%	85.00%	# 30	0.600	89.85	91.40	94.45	25.00%	60.00%	# 50	0.300	95.40	97.60	99.80	5.00%	30.00%	# 100	0.149	91.80	93.10	92.00	0.00%	10.00%	Fondo	0.000	48.25	47.80	54.85	-	-
TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 684.60 (g)	Ws = 688.95 (g)	Ws = 700.05 (g)	LIMITES ASTM																																																																			
		M-1	M-2	M-3																																																																				
# 3/8	9.520				100.00%	100.00%																																																																		
# 4	4.760	59.90	60.10	63.60	95.00%	100.00%																																																																		
# 8	2.360	149.70	154.05	149.25	80.00%	100.00%																																																																		
# 16	1.190	149.70	144.90	146.10	50.00%	85.00%																																																																		
# 30	0.600	89.85	91.40	94.45	25.00%	60.00%																																																																		
# 50	0.300	95.40	97.60	99.80	5.00%	30.00%																																																																		
# 100	0.149	91.80	93.10	92.00	0.00%	10.00%																																																																		
Fondo	0.000	48.25	47.80	54.85	-	-																																																																		



Tabla 28

Toma de datos - Granulometría de Agregado fino - Cantera Abril

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																						
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																							
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																							
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																						
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																																						
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha:	05/25/2018																																																																				
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO																																																																							
Análisis Granulométrico NTP 400.012																																																																							
Observaciones:	Arena Fina Natural - Cantera Abril			Ws= Peso de la muestra seca																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th>Ws = 611.35 (g)</th> <th>Ws = 621.4 (g)</th> <th>Ws = 616.45 (g)</th> <th colspan="2" rowspan="2">LIMITES ASTM</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td># 3/8</td> <td>9.520</td> <td>21.8</td> <td>24.4</td> <td>23.4</td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.760</td> <td>4.10</td> <td>4.20</td> <td>4.30</td> <td>95.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td>7.15</td> <td>7.90</td> <td>7.45</td> <td>80.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 16</td> <td>1.190</td> <td>16.50</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> <td>50.00%</td> <td>85.00%</td> </tr> <tr> <td># 30</td> <td>0.600</td> <td>68.15</td> <td>71.30</td> <td>72.05</td> <td>25.00%</td> <td>60.00%</td> </tr> <tr> <td># 50</td> <td>0.300</td> <td>282.10</td> <td>286.40</td> <td>285.30</td> <td>5.00%</td> <td>30.00%</td> </tr> <tr> <td># 100</td> <td>0.149</td> <td>178.45</td> <td>177.10</td> <td>175.75</td> <td>0.00%</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0.000</td> <td>33.10</td> <td>34.20</td> <td>32.30</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>						TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 611.35 (g)	Ws = 621.4 (g)	Ws = 616.45 (g)	LIMITES ASTM		M-1	M-2	M-3	# 3/8	9.520	21.8	24.4	23.4	100.00%	100.00%	# 4	4.760	4.10	4.20	4.30	95.00%	100.00%	# 8	2.360	7.15	7.90	7.45	80.00%	100.00%	# 16	1.190	16.50	15.90	15.90	50.00%	85.00%	# 30	0.600	68.15	71.30	72.05	25.00%	60.00%	# 50	0.300	282.10	286.40	285.30	5.00%	30.00%	# 100	0.149	178.45	177.10	175.75	0.00%	10.00%	Fondo	0.000	33.10	34.20	32.30	-	-
TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 611.35 (g)	Ws = 621.4 (g)	Ws = 616.45 (g)	LIMITES ASTM																																																																		
		M-1	M-2	M-3																																																																			
# 3/8	9.520	21.8	24.4	23.4	100.00%	100.00%																																																																	
# 4	4.760	4.10	4.20	4.30	95.00%	100.00%																																																																	
# 8	2.360	7.15	7.90	7.45	80.00%	100.00%																																																																	
# 16	1.190	16.50	15.90	15.90	50.00%	85.00%																																																																	
# 30	0.600	68.15	71.30	72.05	25.00%	60.00%																																																																	
# 50	0.300	282.10	286.40	285.30	5.00%	30.00%																																																																	
# 100	0.149	178.45	177.10	175.75	0.00%	10.00%																																																																	
Fondo	0.000	33.10	34.20	32.30	-	-																																																																	

3.5.1.2. Agregado Grueso (NTP 400.012)

a. Equipos

- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C.
- 1 tamizador mecánico.
- 1 juego de tamices (1", ¾", ½", 3/8", #4 y el fondo).
- 1 balanza de aproximación de 0.5g
- 1 brocha.
- Recipientes.

b. Procedimiento

La muestra seleccionada luego de realizar el cuarteo del material según la norma (muestra de más de 2 kg seca, es decir se tendrá que poner dependiendo de la humedad una cantidad mayor)



Figura 15: Proceso del muestreo del agregado grueso mediante el cuarteo

Luego esta muestra es colocada en el horno a temperatura constante $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para que este en condición seca.

Se pesa la muestra seca para luego ser colocada en el primer tamiz de la serie: $1\frac{1}{2}$ ", 1 ", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4 y fondo. Luego es sometida a un proceso de tamizado mecánico.

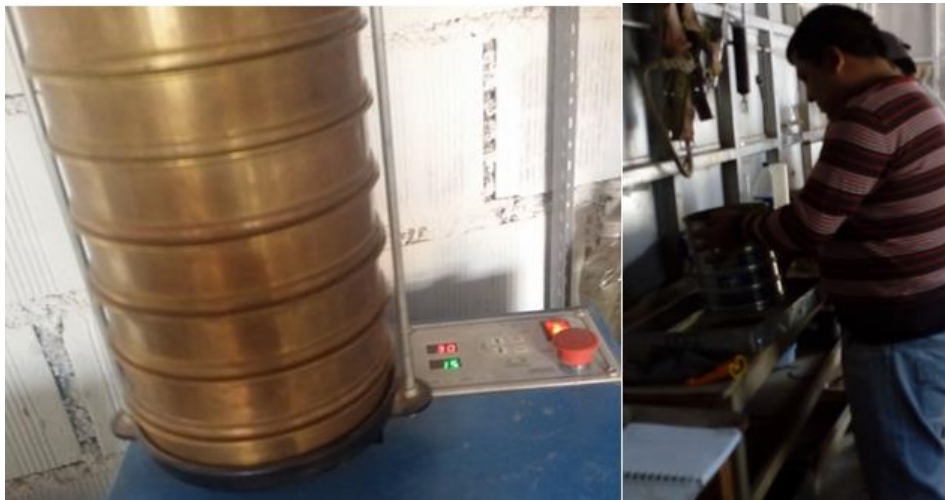


Figura 16: Pesaje del agregado grueso retenido en cada tamiz

Se pesa el material retenido en los diferentes tamices para posteriormente realizar los cálculos en gabinete, cabe recalcar que el agregado es canto rodado chancado proveniente del río Vilcanota, chancado en el sector de Oropesa por la chancadora Candia, por ende el nombre.

c. Toma de datos



Tabla 29

Toma de datos - Granulometría de Agregado grueso - Cantera Candia

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																														
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																															
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																															
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																														
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																														
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 05/25/2018																																																													
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO																																																															
Análisis Granulométrico NTP 400.012																																																															
Observaciones:	Piedra Chancada - Candia Ws= Peso de la muestra seca																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th>Ws = 4800.85 (g)</th> <th>Ws = 4802 (g)</th> <th>Ws = 4749.45 (g)</th> <th colspan="2">LIMITES ASTM</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">100.00%</td> <td style="text-align: center;">100.00%</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.050</td> <td style="text-align: center;">965.25</td> <td style="text-align: center;">924.50</td> <td style="text-align: center;">946.15</td> <td style="text-align: center;">90.00%</td> <td style="text-align: center;">100.00%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.700</td> <td style="text-align: center;">2270.60</td> <td style="text-align: center;">2315.45</td> <td style="text-align: center;">2228.45</td> <td style="text-align: center;">20.00%</td> <td style="text-align: center;">55.00%</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.520</td> <td style="text-align: center;">770.40</td> <td style="text-align: center;">765.40</td> <td style="text-align: center;">764.30</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> <td style="text-align: center;">15.00%</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.760</td> <td style="text-align: center;">752.45</td> <td style="text-align: center;">752.45</td> <td style="text-align: center;">764.60</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> <td style="text-align: center;">5.00%</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td style="text-align: center;">16.25</td> <td style="text-align: center;">17.00</td> <td style="text-align: center;">17.15</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0.000</td> <td style="text-align: center;">25.90</td> <td style="text-align: center;">27.20</td> <td style="text-align: center;">28.80</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> <td style="text-align: center;">0.00%</td> </tr> </tbody> </table>			TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 4800.85 (g)	Ws = 4802 (g)	Ws = 4749.45 (g)	LIMITES ASTM		M-1	M-2	M-3			1"	25.400	0	0	0	100.00%	100.00%	3/4"	19.050	965.25	924.50	946.15	90.00%	100.00%	1/2"	12.700	2270.60	2315.45	2228.45	20.00%	55.00%	3/8"	9.520	770.40	765.40	764.30	0.00%	15.00%	N° 4	4.760	752.45	752.45	764.60	0.00%	5.00%	N° 8	2.360	16.25	17.00	17.15	0.00%	0.00%	Fondo	0.000	25.90	27.20	28.80	0.00%	0.00%
TAMIZ	Abertura (mm.)	Ws = 4800.85 (g)			Ws = 4802 (g)	Ws = 4749.45 (g)	LIMITES ASTM																																																								
		M-1	M-2	M-3																																																											
1"	25.400	0	0	0	100.00%	100.00%																																																									
3/4"	19.050	965.25	924.50	946.15	90.00%	100.00%																																																									
1/2"	12.700	2270.60	2315.45	2228.45	20.00%	55.00%																																																									
3/8"	9.520	770.40	765.40	764.30	0.00%	15.00%																																																									
N° 4	4.760	752.45	752.45	764.60	0.00%	5.00%																																																									
N° 8	2.360	16.25	17.00	17.15	0.00%	0.00%																																																									
Fondo	0.000	25.90	27.20	28.80	0.00%	0.00%																																																									

3.5.1.3. Perlas de Poliestireno Expandido

a. Equipos

- 1 balanza de aproximación de 0.01 g
- 1 vernier
- Recipientes.

b. Procedimiento

Para realizar la granulometría de las perlas de poliestireno expandido, debido a su baja densidad se procedió a cuantificar la masa de 0.04 gr, habiendo en esta masa cierta cantidad de perlas de EPS, las cuales se procedieron a medir el diámetro.



Figura 17: Medición de diámetros de las perlas de poliestireno expandido

Los diámetros obtenidos con la ayuda de un vernier se registran para su posterior análisis.

c. Toma de datos



Tabla 30

Toma de datos - Granulometría - Peso específico de las Perlas de EPS

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"		
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia		
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018	
GRANULOMETRÍA - PESO ESPECIFICO DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO			
Toma de muestra de Perlas de Poliestireno Expandido			
Observaciones:			
<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/>			
Muestra	W total = 0.04 (g)	W total = 0.04 (g)	W total = 0.04 (g)
	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
1	4.5	4.6	4.3
2	5.3	4.6	5.1
3	4.6	4.1	5.3
4	4.6	4.8	4.7
5	4.5	5.1	4.7
6	4.5	5.3	4.7
7	5.4	4.2	5.5
8	4.3	5.2	4.5
9	4.5	4.9	5.5
10	4.7	4.3	3.7
11	4.8	3.9	4
12	4.5	5.6	5.3
13	4.7	5.4	4.5
14	4.9	4.6	4.7
15	4.1	4.4	4.1
16	5.3	4.4	5.1
17	4.1	4.6	4.3
18	4.7	4.4	3.9
19	5.1	6.4	4.2
20	5.1	5.2	4.7
21	4.5	4	4.1
22	4.6	4.7	5.9
23	5.6	5.5	4.8
24	5	5.5	3.9
25	5.7	5	4.1
26	5.1	4.1	6.7
27	4.3	3.9	5.8
28	4.9	4.9	4.4
29	4.2	3.8	5.1
30	4.2	4.3	4.9
31	4.7	4.1	5
32	5.5	3.8	4.7
33	5.4	5.1	4.2
34	4.8	3.5	4.2
35	4.6	4.8	4.2
36		4.1	4.7
37		4.1	
38		3.9	



3.5.2. Peso específico y absorción

3.5.2.1. Agregado fino (NTP 400.022)

a. Equipos

- Matraz aforado a 500 ml.
- Balanza con aproximación al 0.1 g.
- Cono truncado, pisón.
- Embudo.
- Pizeta o gotero.
- Pipeta.
- Bomba de vacíos.
- Horno o estufa.
- Franela o papel absorbente.

Procedimiento

Se satura la muestra de arena por 24 hrs, se retira el agua y se procede a secar con ayuda de un ventilador de aire caliente, de preferencia, esto se realiza en una bandeja grande donde se tiende el material.

Una vez se piensa que el material se encuentra en estado superficialmente seco (sss), se procede a comprobarlo. Para esto se utiliza el cono truncado, el cual se llena con la arena en 2 capas, dándole 15 golpes con el pisón a la primera capa y 10 golpes a la segunda capa, se enrasa y se retira el cono sin hacer movimientos laterales, si la arena se queda formado el cono, esto nos dice que la arena tiene exceso de humedad, por lo cual se continúa secando y se repite lo antes descrito, hasta que en cono de arena se desmorone lentamente; que será cuando la arena llegó al estado de saturado y superficialmente seco.



Figura 18: Cono truncado - Peso específico y absorción - Agregado fino

Se pesan 2 muestras de 500 grs. cada una de arena, una de estas se lleva al horno y la otra es vertida dentro del matraz, para esto se utiliza un embudo y en la parte inferior del matraz se coloca un fólter, por si se cae algo de material pueda ser recogido posteriormente y vaciado al matraz.



Figura 19: Peso de matraz con agua hasta la marca y materias en SSS

Se extrae el aire atrapado empleando la bomba de vacíos, en caso no contar con ellas se puede colocar en una fuente de calor, el material con el agua se agita sobre su eje longitudinal, esto con la finalidad de sacar todo el aire que pudiese encontrarse dentro de la muestra que se encuentra sumergida en el matraz. Se completa la capacidad del matraz con agua hasta la marca de aforo en este caso se realizó en un matraz de 1000 ml , de tal manera que la parte inferior



del menisco coincida con la marca ayudándonos de un gotero si faltase agua o una pipeta si superamos la marca.



Figura 20: Matraz con material SSS y agua

Se pesa el matraz + agua + arena y se registra también el peso del material seco al horno, el matraz también es conocido como fiola en algunos textos.

b. Toma de datos

Tabla 31

Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado fino - Cantera Vicho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																		
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																		
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																		
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 05/25/2018																																	
Ensayo de Peso Especifico y Absorción de los Agregados Finos																																			
NTP 400.022																																			
Observaciones: _____ _____ _____																																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Gruesa Natural Zarandeadada - Cantera Vicho</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Peso de Fiola + Peso del Agua</td> <td>Pf + Pw</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">1184.3</td> <td style="text-align: center;">1184.3</td> <td style="text-align: center;">1184.3</td> </tr> <tr> <td>Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS</td> <td>Pf + Pw + Psss</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">1495.7</td> <td style="text-align: center;">1491.2</td> <td style="text-align: center;">1491.5</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">486.8</td> <td style="text-align: center;">488.8</td> <td style="text-align: center;">489.6</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Gruesa Natural Zarandeadada - Cantera Vicho			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500	Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3	Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.7	1491.2	1491.5	Peso de la muestra seca	P	g	486.8	488.8	489.6
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Gruesa Natural Zarandeadada - Cantera Vicho																													
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																														
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500																														
Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3																														
Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.7	1491.2	1491.5																														
Peso de la muestra seca	P	g	486.8	488.8	489.6																														



Tabla 32

Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado fino - Cantera Abril

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
		Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"				
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia				
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha:	05/25/2018		
Ensayo de Peso Especifico y Absorción de los Agregados Finos					
NTP 400.022					
Observaciones: _____ _____ _____					
			Arena Fina Natural - Cantera Abril		
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500
Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3
Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.2	1496.8	1497.2
Peso de la muestra seca	P	g	485.6	486.7	486.6

3.5.2.2. Agregado grueso (NTP 400.021)

a. Equipos

- 1 balanza sensible a 0.5g y con capacidad de 5000 gramos o más.
- 1 cesta con malla de alambre.
- 1 depósito de agua, adecuado para sumergir la cesta o canastilla enmallada colgante.
- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5° C.
- 1 tamiz estándar #4.
- Recipientes metálicos.

b. Procedimiento

Según la N.T.P. 400.021 (2002), el peso mínimo para este ensayo es de 2 kg, antes de este se debe labar el material para eliminar los posibles finos que se adhieran a las piedras y posteriormente secarlo en el horno a una temperatura de 110 °C, se saca del horno a las 24 Hrs, se deja enfriar y se sumerge en agua durante 24 \pm 4 horas.



Es conveniente antes de sumergirla en agua tamizarla con el tamiz N° 4 y el material pasante se descarta, posteriormente la muestra se seca con aire o con un paño hasta que el material no brille, esto nos indicara que está en estado SSS (superficie superficialmente seca)



Figura 21: Muestra del Agregado grueso en SSS

Luego se pesa y anota el valor, esta misma muestra se coloca en la canastilla moviendo y sacudiendo para evitar posibles burbujas queden atrapadas y se sumerge en agua anotando el peso sumergido, para finalizar, la muestra es llevada al horno durante 24 horas, se deja enfriar y se registra su peso,

También se puede calcular estas propiedades por el método de desplazamiento, para este de igual manera se cuenta con la muestra del material en SSS, y se procede a colocar en una matraz con medidas, para de esta manera ver el incremento de altura del agua al introducir el material, teniendo este desplazamiento de volumen, registrándose el volumen inicial antes y después de colocada la muestra, así como también el peso del material en SSS colocado y posteriormente secado al horno.



Figura 22: Muestra de Agregado Grueso en la canastilla sumergiéndose



c. Toma de datos

Tabla 33

Toma de datos - Peso Específico y Absorción - Agregado grueso - Cantera Candia

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																		
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																			
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																			
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																			
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia	Fecha: 05/25/2018																																	
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco																																		
Ensayo de Peso Especifico y Absorción de los Agregados Gruesos																																			
NTP 400.021																																			
Observaciones: _____ _____ _____																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Piedra Chancada - Candia</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td>542.8</td> <td>545.6</td> <td>544.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen inicial de la probeta</td> <td>Vi</td> <td>cm³</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Volumen final de la probeta</td> <td>Vf</td> <td>cm³</td> <td>459.15</td> <td>461.3</td> <td>459.55</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td>536.85</td> <td>538.95</td> <td>538.2</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Piedra Chancada - Candia			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	542.8	545.6	544.2	Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³	250	250	250	Volumen final de la probeta	Vf	cm ³	459.15	461.3	459.55	Peso de la muestra seca	P	g	536.85	538.95	538.2
Descripción	Símbolo	Unidad				Piedra Chancada - Candia																													
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																														
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	542.8	545.6	544.2																														
Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³	250	250	250																														
Volumen final de la probeta	Vf	cm ³	459.15	461.3	459.55																														
Peso de la muestra seca	P	g	536.85	538.95	538.2																														

3.5.2.3. Perlas de Poliestireno Expandido

a. Equipos

Probeta graduada

- 1 balanza sensible a 0.01g y con capacidad de 100 gramos o más
- Probeta graduada
- Vernier

b. Procedimiento

Se intentó calcular esta propiedad por medio del desplazamiento de volumen, pero puesto que la densidad de las perlas de poliestireno expandido es menor que la del agua, dificultaba el proceso, descartándose este procedimiento.



Figura 23: Desplazamiento de Volumen del EPS - Peso Especifico

c. Toma de datos

Los datos fueron tomados juntamente con los datos para granulometría

3.5.3. Material que pasa la Malla N° 200

3.5.3.1. Agregado fino (NTP 400.018)

a. Equipos

- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 1 balanza con una sensibilidad de 0,1 % del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Recipientes.

b. Procedimiento

Una vez obtenida la muestra, se procede a pesarla (humedad natural del agregado).

Posteriormente se procede a lavar el material, para esto se debe realizar con mucho cuidado sin dañar la malla N° 200, para lo cual se lavará en recipientes y el agua aparentemente turbia se hecha sobre esta malla, quedando retenido el material que será devuelto a la muestra, realizar este procedimiento hasta que una vez removida la muestra en un recipiente con agua limpia, está ya no presente turbidez.



Figura 24: Lavado de Agregado por el tamiz N° 200

c. Toma de datos

Tabla 34

Toma de datos – Material que pasa la malla N°200 - Agregado fino - Cantera Vicho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																												
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																												
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																												
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 24/05/2018																											
Materiales más finos que pasan por el Tamiz N°200 por lavado																													
NTP 400.018																													
Observaciones: _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de material seco + tara</td> <td>Pht</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">873.3</td> <td style="text-align: center;">930.9</td> <td style="text-align: center;">908.2</td> </tr> <tr> <td>Peso de material seco despues de lavado + tara</td> <td>Pst</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">845.9</td> <td style="text-align: center;">902.1</td> <td style="text-align: center;">880.2</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>Pt</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">70.4</td> <td style="text-align: center;">80.5</td> <td style="text-align: center;">60.7</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de material seco + tara	Pht	g	873.3	930.9	908.2	Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g	845.9	902.1	880.2	Peso de la tara	Pt	g	70.4	80.5	60.7
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho																							
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																								
Peso de material seco + tara	Pht	g	873.3	930.9	908.2																								
Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g	845.9	902.1	880.2																								
Peso de la tara	Pt	g	70.4	80.5	60.7																								



Tabla 35

Toma de datos - Material que pasa la malla N°200 - Agregado fino - Cantera Abril

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																													
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																													
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																												
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																												
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 25/05/2018																											
Materiales más finos que pasan por el Tamiz N°200 por lavado																													
NTP 400.018																													
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Fina Natural - Cantera Abril</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de material seco + tara</td> <td>Pht</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">634.8</td> <td style="text-align: center;">621.1</td> <td style="text-align: center;">602.8</td> </tr> <tr> <td>Peso de material seco despues de lavado + tara</td> <td>Pst</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">608</td> <td style="text-align: center;">593.7</td> <td style="text-align: center;">576.8</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>Pt</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">80.6</td> <td style="text-align: center;">60.7</td> <td style="text-align: center;">70.4</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Fina Natural - Cantera Abril			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de material seco + tara	Pht	g	634.8	621.1	602.8	Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g	608	593.7	576.8	Peso de la tara	Pt	g	80.6	60.7	70.4
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Fina Natural - Cantera Abril																							
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																								
Peso de material seco + tara	Pht	g	634.8	621.1	602.8																								
Peso de material seco despues de lavado + tara	Pst	g	608	593.7	576.8																								
Peso de la tara	Pt	g	80.6	60.7	70.4																								

3.5.4. Contenido de Humedad natural

3.5.4.1. Agregado fino (NTP 339.185)

a. Equipos

- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$.
- 1 balanza con una sensibilidad de 0,1 % del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Recipientes.

b. Procedimiento

Se procedió a tomar muestras del agregado fino en diferentes recipientes, se registra sus pesos en una balanza sensible al 0.1% del peso medido.

Luego se colocó las muestras en sus recipientes dentro del horno durante $24h \pm 4h$ a una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}c$.



Figura 25: Muestra secada al horno

Luego se determinó la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 %, cabe recalcar que para pesar se debe esperar que la muestra se enfríe.

c. Toma de datos

Tabla 36



Toma de datos - Contenido de humedad para agrega fino - Cantera Vicho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																													
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																													
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																												
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																												
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018																											
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino																													
NTP 339.185																													
Observaciones: _____ _____ _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">700.4</td> <td style="text-align: center;">705.3</td> <td style="text-align: center;">675.6</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">663.2</td> <td style="text-align: center;">667.4</td> <td style="text-align: center;">638.8</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">80.4</td> <td style="text-align: center;">70.3</td> <td style="text-align: center;">60.6</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	700.4	705.3	675.6	Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	663.2	667.4	638.8	Peso de la tara	t	g	80.4	70.3	60.6
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho																							
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																								
Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	700.4	705.3	675.6																								
Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	663.2	667.4	638.8																								
Peso de la tara	t	g	80.4	70.3	60.6																								



Tabla 37

Toma de datos - Contenido de humedad para agrega fino - Cantera Abril

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																													
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																													
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																												
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																												
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018																											
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino																													
NTP 339.185																													
Observaciones: _____ _____ _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Fina Natural - Cantera Abril</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso de la material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">570.2</td> <td style="text-align: center;">580.4</td> <td style="text-align: center;">560.5</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso de la material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">538.8</td> <td style="text-align: center;">548.8</td> <td style="text-align: center;">528.4</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">70.2</td> <td style="text-align: center;">80.4</td> <td style="text-align: center;">60.5</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Fina Natural - Cantera Abril			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso de la material natural	P (t+ah)	g	570.2	580.4	560.5	Peso de la tara + Peso de la material seco	P (t+as)	g	538.8	548.8	528.4	Peso de la tara	t	g	70.2	80.4	60.5
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Fina Natural - Cantera Abril																							
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																								
Peso de la tara + Peso de la material natural	P (t+ah)	g	570.2	580.4	560.5																								
Peso de la tara + Peso de la material seco	P (t+as)	g	538.8	548.8	528.4																								
Peso de la tara	t	g	70.2	80.4	60.5																								

3.5.4.2. Agregado grueso (NTP 339.185)

a. Equipos

- 1 horno eléctrico de materiales capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C \pm 5° C.
- 1 balanza con una sensibilidad de 0,1 % del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Recipientes.

b. Procedimiento

Se procedió a tomar muestras del agregado fino en diferentes recipientes, se registra sus pesos en una balanza sensible al 0.1% del peso medido.



Figura 26: Muestra de Agregado Grueso ingresando al horno - Contenido de humedad

Luego se colocó las muestras en sus recipientes dentro del horno durante $24h \pm 4h$ a una temperatura constante de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Luego se determinó la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 %, cabe recalcar que para pesar se debe esperar que la muestra se enfríe.

c. Toma de datos

Tabla 38

Toma de datos - Contenido de humedad para agregado grueso - Cantera Candia

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería y Arquitectura					
		Escuela Profesional de Ingeniería Civil					
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO "						
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia						
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco				Fecha:	28/05/2018	
Contenido de Humedad Natural del Agregado Grueso							
NTP 339.185							
Observaciones:							
<hr/> <hr/> <hr/>							
			Piedra Chancada - Candia				
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3		
Peso de la tara + Peso de la material natural	P (t+ah)	g	1999.6	1990.2	1980.3		
Peso de la tara + Peso de la material seco	P (t+as)	g	1994.4	1985.2	1975.5		
Peso de la tara	t	g	434.2	440.2	432.1		



3.5.5. Consistencia (NTP 339.035)

Dicho ensayo consiste en medir el asentamiento del hormigón con el cono de Abrams

a. Equipos

- 1 Cono de Abrams.
- 1 Varilla liza de 5/8" de 60 cm de longitud con punta semi esférica
- 1 Cuchara
- 1 Wincha

b. Procedimiento

En el momento que termine el mezclado del concreto (al momento de verterlo de la mezcladora), se procede a sacar una muestra representativa, la cual será utilizada para realizar dicho ensayo.

Se alista el cono de Abrams, base, varilla y cuchara (limpios y humedecidos con un trapo húmedo para que no absorba humedad del concreto fresco), se procede a colocar la base en una superficie firme y plana, encima de esta se coloca el cono pisando las aletas o asegurándose que no se mueva o separe nunca de la base hasta su momento de remoción, luego se procede a llenar el cono en tres capas de igual volumen y cada capa apisonada con ayuda de la varilla de 5/8", la primera capa hasta que toque la base, las demás capas asegurándose que la varilla penetre a la anterior capa.



Figura 27: Ensayo de consistencia - Asentamiento con el cono de Abrams



Enrazar con ayuda de la varilla o alisador y limpiar el material excedente que pudo ensuciar la base, posteriormente se procede a levantar el molde (cono) en no más de 5 a 10 segundos, en forma vertical evitando movimientos laterales o torsionales, toda esta prueba no deberá demorar más de 2.5 minutos, inmediatamente se retiró el molde se mide el asentamiento determinado por la diferencia del molde y la del eje de la cara superior del cono deformado de concreto.

c. Toma de datos

Cabe recalcar, ya que se está utilizando un aditivo reductor de agua y retardante de fragua, se realiza la prueba de mantención, es decir como nosotros deseamos una muestra plástica y estimamos un tiempo máximo de 2 horas desde el momento de inicio de mezclado hasta el colocado, necesitamos un slump final con dichas características es decir con un slump de 4” a 6” a las dos horas, por eso se procede a realizar un seguimiento cada media hora del slump.

Tabla 39



Toma de datos - Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																						
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																					
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																					
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 26/05/2018																																				
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																						
NTP 339.035																																						
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 100% del Agregado Grueso																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">11:49 a. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>01:49 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 20%;">Slump</td> <td style="width: 35%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>11:49 a. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-0-26</td> <td style="text-align: center;">8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>12:19 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>12:49 p. m.</td> <td style="text-align: center;">6 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>01:19 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>01:49 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 1/4 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	11:49 a. m.				Hora de término:	01:49 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	11:49 a. m.	D-0-26	8 1/4 in		0:30	12:19 p. m.	7 1/2 in		1:00	12:49 p. m.	6 1/2 in		1:30	01:19 p. m.	5 in		2:00	01:49 p. m.	4 1/4 in	
Hora de Inicio:	11:49 a. m.																																					
Hora de término:	01:49 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	11:49 a. m.	D-0-26	8 1/4 in																																			
0:30	12:19 p. m.		7 1/2 in																																			
1:00	12:49 p. m.		6 1/2 in																																			
1:30	01:19 p. m.		5 in																																			
2:00	01:49 p. m.		4 1/4 in																																			
Observaciones:	<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/>																																					



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																						
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																					
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																					
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018																																				
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																						
NTP 339.035																																						
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 100% del Agregado Grueso, relación a/c= 0.65																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">02:25 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>04:25 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>02:25 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-0-28</td> <td style="text-align: center;">8 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>02:55 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>03:25 p. m.</td> <td style="text-align: center;">6 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>03:55 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>04:25 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 1/2 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	02:25 p. m.				Hora de término:	04:25 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	02:25 p. m.	D-0-28	8 1/2 in		0:30	02:55 p. m.	7 1/4 in		1:00	03:25 p. m.	6 1/4 in		1:30	03:55 p. m.	5 1/4 in		2:00	04:25 p. m.	4 1/2 in	
Hora de Inicio:	02:25 p. m.																																					
Hora de término:	04:25 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	02:25 p. m.	D-0-28	8 1/2 in																																			
0:30	02:55 p. m.		7 1/4 in																																			
1:00	03:25 p. m.		6 1/4 in																																			
1:30	03:55 p. m.		5 1/4 in																																			
2:00	04:25 p. m.		4 1/2 in																																			
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 75% del Agregado Grueso, 25% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.63																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">04:36 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>06:36 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>04:36 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-1-28</td> <td style="text-align: center;">9 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>05:06 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>05:36 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>06:06 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>06:36 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 3/4 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	04:36 p. m.				Hora de término:	06:36 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	04:36 p. m.	D-1-28	9 1/2 in		0:30	05:06 p. m.	8 1/4 in		1:00	05:36 p. m.	7 1/2 in		1:30	06:06 p. m.	5 1/2 in		2:00	06:36 p. m.	4 3/4 in	
Hora de Inicio:	04:36 p. m.																																					
Hora de término:	06:36 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	04:36 p. m.	D-1-28	9 1/2 in																																			
0:30	05:06 p. m.		8 1/4 in																																			
1:00	05:36 p. m.		7 1/2 in																																			
1:30	06:06 p. m.		5 1/2 in																																			
2:00	06:36 p. m.		4 3/4 in																																			
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 50% del Agregado Grueso, 50% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.61																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">05:47 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>07:47 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>05:47 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-2-28</td> <td style="text-align: center;">9 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>06:17 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>06:47 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>07:17 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>07:47 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 1/2 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	05:47 p. m.				Hora de término:	07:47 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	05:47 p. m.	D-2-28	9 in		0:30	06:17 p. m.	8 1/4 in		1:00	06:47 p. m.	7 in		1:30	07:17 p. m.	5 1/4 in		2:00	07:47 p. m.	4 1/2 in	
Hora de Inicio:	05:47 p. m.																																					
Hora de término:	07:47 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	05:47 p. m.	D-2-28	9 in																																			
0:30	06:17 p. m.		8 1/4 in																																			
1:00	06:47 p. m.		7 in																																			
1:30	07:17 p. m.		5 1/4 in																																			
2:00	07:47 p. m.		4 1/2 in																																			



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																						
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																					
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																					
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 29/05/2018																																				
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																						
NTP 339.035																																						
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 25% del Agregado Grueso, 75% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.59																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">03:21 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>05:21 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>03:21 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-1-29</td> <td>9 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>03:51 p. m.</td> <td>8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>04:21 p. m.</td> <td>7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>04:51 p. m.</td> <td>6 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>05:21 p. m.</td> <td>5 1/2 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	03:21 p. m.				Hora de término:	05:21 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	03:21 p. m.	D-1-29	9 1/4 in		0:30	03:51 p. m.	8 1/4 in		1:00	04:21 p. m.	7 1/2 in		1:30	04:51 p. m.	6 1/4 in		2:00	05:21 p. m.	5 1/2 in	
Hora de Inicio:	03:21 p. m.																																					
Hora de término:	05:21 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	03:21 p. m.	D-1-29	9 1/4 in																																			
0:30	03:51 p. m.		8 1/4 in																																			
1:00	04:21 p. m.		7 1/2 in																																			
1:30	04:51 p. m.		6 1/4 in																																			
2:00	05:21 p. m.		5 1/2 in																																			
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 0% del Agregado Grueso, 100% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.57																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">04:30 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>06:30 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Tiempo</td> <td style="width: 15%;">Hora</td> <td style="width: 15%;">Diseño</td> <td style="width: 15%;">Slump</td> <td style="width: 40%;">Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>04:30 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-2-29</td> <td>9 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>05:00 p. m.</td> <td>8 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>05:30 p. m.</td> <td>7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>06:00 p. m.</td> <td>6 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>06:30 p. m.</td> <td>5 3/4 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	04:30 p. m.				Hora de término:	06:30 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	04:30 p. m.	D-2-29	9 1/2 in		0:30	05:00 p. m.	8 1/2 in		1:00	05:30 p. m.	7 1/2 in		1:30	06:00 p. m.	6 1/4 in		2:00	06:30 p. m.	5 3/4 in	
Hora de Inicio:	04:30 p. m.																																					
Hora de término:	06:30 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	04:30 p. m.	D-2-29	9 1/2 in																																			
0:30	05:00 p. m.		8 1/2 in																																			
1:00	05:30 p. m.		7 1/2 in																																			
1:30	06:00 p. m.		6 1/4 in																																			
2:00	06:30 p. m.		5 3/4 in																																			

3.5.6. Densidad (peso unitario), rendimiento (NTP 339.046)

a. Equipos

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Placa de alisado
- Mazo
- Cuchara

b. Procedimiento



Una vez obtenida la muestra, colocarla con ayuda de la cuchara dentro del recipiente de medida en 3 capas de igual volumen aproximadamente, apisonándolo cada capa con 25 golpes de la barra compactadora y dándole de 10 a 15 golpes con el mazo de goma usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro generado por la barra apisonadora y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas.

Posteriormente se realiza un alisado de la superficie para luego proceder a limpiar el material que pueda pegarse en el recipiente y pesar el recipiente con el concreto.

c. Toma de datos

Tabla 40

Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-0-26

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																										
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 26/05/2018																									
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																											
NTP 339.046																											
Observaciones:																											
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/>																											
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Código de Diseño:</th> <th style="text-align: center;">D-0-26</th> <th style="width: 40px;"></th> <th style="width: 40px;"></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Símbolo</th> <th style="text-align: center;">D-0-26</th> <th style="width: 40px;"></th> <th style="width: 40px;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td style="text-align: center;">Mc (g)</td> <td style="text-align: center;">8955</td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td style="text-align: center;">Mm (g)</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td style="text-align: center;">Vm (m³)</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> </tbody> </table>			Código de Diseño:		D-0-26			Descripción	Símbolo	D-0-26			Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	8955			Masa del recipiente:	Mm (g)	2560			Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028		
Código de Diseño:		D-0-26																									
Descripción	Símbolo	D-0-26																									
Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	8955																									
Masa del recipiente:	Mm (g)	2560																									
Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028																									



Tabla 41

Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-0-28, D-1-28, D-2-28

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																										
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																											
Laboratorio: Laboratorio Kallpa Mix Cusco		Fecha: 28/05/2018																									
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																											
NTP 339.046																											
Observaciones: _____ _____ _____																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Código de Diseño:</th> <th style="text-align: center;">D-0-28</th> <th style="text-align: center;">D-1-28</th> <th style="text-align: center;">D-2-28</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Símbolo</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc (g)</td> <td style="text-align: center;">8890</td> <td style="text-align: center;">8350</td> <td style="text-align: center;">7910</td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm (g)</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm (m³)</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> </tr> </tbody> </table>			Código de Diseño:		D-0-28	D-1-28	D-2-28	Descripción	Símbolo				Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	8890	8350	7910	Masa del recipiente:	Mm (g)	2560	2560	2560	Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028	0.0028	0.0028
Código de Diseño:		D-0-28	D-1-28	D-2-28																							
Descripción	Símbolo																										
Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	8890	8350	7910																							
Masa del recipiente:	Mm (g)	2560	2560	2560																							
Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028	0.0028	0.0028																							

Tabla 42

Toma de datos - Densidad (peso unitario), rendimiento D-1-29, D-2-29

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																										
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																											
Laboratorio: Laboratorio Kallpa Mix Cusco		Fecha: 29/05/2018																									
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																											
NTP 339.046																											
Observaciones: _____ _____ _____																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Código de Diseño:</th> <th style="text-align: center;">D-1-29</th> <th style="text-align: center;">D-2-29</th> <th></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Símbolo</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc (g)</td> <td style="text-align: center;">7420</td> <td style="text-align: center;">6810</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm (g)</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm (m³)</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Código de Diseño:		D-1-29	D-2-29		Descripción	Símbolo				Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	7420	6810		Masa del recipiente:	Mm (g)	2560	2560		Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028	0.0028	
Código de Diseño:		D-1-29	D-2-29																								
Descripción	Símbolo																										
Masa recipiente + hormigon:	Mc (g)	7420	6810																								
Masa del recipiente:	Mm (g)	2560	2560																								
Volumen de la medida:	Vm (m ³)	0.0028	0.0028																								



3.5.7. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

a. Equipos

- Máquina de compresión Axial.
- Vernier digital.

b. Procedimiento

Se procede a sacar las briquetas del pozo de curado, teniendo en cuenta los tiempos y restricciones de ensayo de la norma.

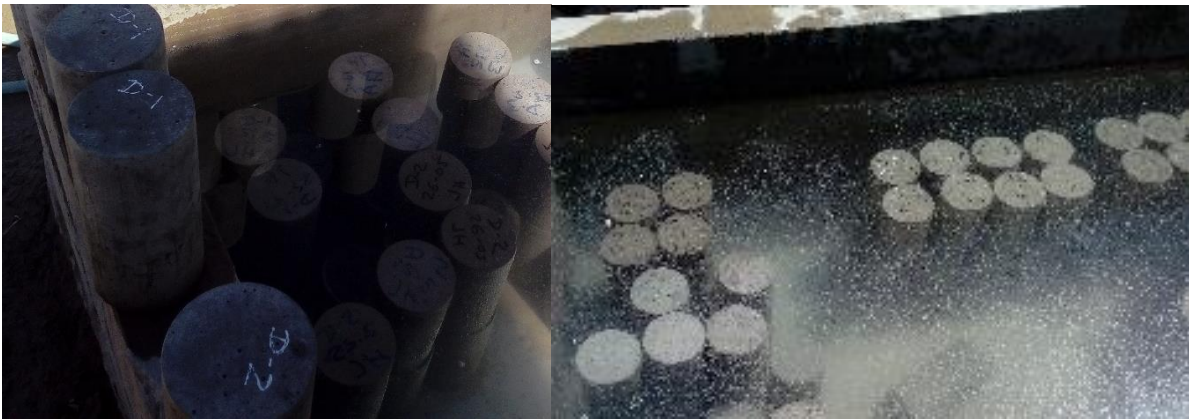


Figura 28: Retiro de briquetas del pozo de curado para su ensayo de Compresión

Posteriormente con ayuda de un pie de rey se procede a censar los diámetros de parte superior e inferior, así como el de las alturas, también se verifico con una escuadra la perpendicularidad de las briquetas.



Figura 29: Medición de las dimensiones de la Briquetas de concreto



Se procede a verificar el estado de la máquina de ensayo, verificando que la calibración de esta haya sido realizada con no más de 12 meses antes de realizar la prueba (máxima cada 13 meses), posteriormente se verifica el estado de los neoprenos que serán instalados para distribuir los esfuerzos de una manera uniforme sobre la cabeza y base de las briquetas, si estuviesen desgastados se procede a retirarlos y cambiarlos.



Figura 30: Colocación de Neopreno en los cabezales

Posteriormente se coloca la briqueta en el centro de la máquina de compresión verificando que se encuentre en la parte central, mandando la parte superior.

Se procede a ensayar las briquetas con la máquina de compresión axial y se ingresa las dimensiones de espécimen, y se fuerza hasta que se produzca la falla. Anotamos la máxima carga aplicada.



Figura 31: Máquina de compresión para el ensayo

c. Toma de datos

Tabla 43

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-26

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"													
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia Laboratorio: Laboratorio Kallpa Mix Cusco													
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g)	Fuerza (kN)	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2	m	F		
				D1	D2	D1	D2						
1	26/05/2018	02/06/2018	7	10.01	10.07	10.14	10.12	20.29	20.37	3,956	165.10	D-0-26	210 Kgf/cm ²
2	26/05/2018	02/06/2018	7	10.09	10.07	10.10	10.14	20.26	20.48	3,967	172.20	D-0-26	210 Kgf/cm ²
3	26/05/2018	02/06/2018	7	10.07	10.08	10.10	10.15	20.53	20.26	3,972	170.80	D-0-26	210 Kgf/cm ²
4	26/05/2018	02/06/2018	7	10.10	10.00	10.06	10.12	20.36	20.20	3,942	171.80	D-0-26	210 Kgf/cm ²
5	26/05/2018	02/06/2018	7	10.10	10.04	10.10	10.03	20.31	20.32	3,960	171.00	D-0-26	210 Kgf/cm ²
6	26/05/2018	02/06/2018	7	10.09	10.01	10.03	10.14	20.21	20.36	3,970	171.50	D-0-26	210 Kgf/cm ²
7	26/05/2018	02/06/2018	7	10.04	10.03	10.11	10.06	20.45	20.24	3,950	164.50	D-0-26	210 Kgf/cm ²
8	26/05/2018	02/06/2018	7	10.10	10.03	10.07	10.06	20.48	20.49	3,971	173.80	D-0-26	210 Kgf/cm ²
9	26/05/2018	02/06/2018	7	10.05	10.03	10.16	10.09	20.25	20.43	3,962	171.70	D-0-26	210 Kgf/cm ²
10	26/05/2018	02/06/2018	7	10.01	10.05	10.06	10.06	20.42	20.45	3,952	174.30	D-0-26	210 Kgf/cm ²
11	26/05/2018	02/06/2018	7	10.09	10.00	10.11	10.03	20.45	20.40	3,964	173.50	D-0-26	210 Kgf/cm ²
12	26/05/2018	02/06/2018	7	10.06	10.03	10.17	10.15	20.49	20.35	3,959	171.50	D-0-26	210 Kgf/cm ²
13	26/05/2018	23/06/2018	28	10.10	10.07	10.03	10.05	20.21	20.43	3,956	195.60	D-0-26	210 Kgf/cm ²
14	26/05/2018	23/06/2018	28	10.01	10.04	10.11	10.11	20.42	20.27	3,940	204.30	D-0-26	210 Kgf/cm ²
15	26/05/2018	23/06/2018	28	10.09	10.04	10.10	10.14	20.58	20.48	3,980	210.80	D-0-26	210 Kgf/cm ²
16	26/05/2018	23/06/2018	28	10.03	10.09	10.13	10.13	20.24	20.56	3,910	209.10	D-0-26	210 Kgf/cm ²
17	26/05/2018	23/06/2018	28	10.02	10.06	10.03	10.16	20.45	20.42	3,927	198.30	D-0-26	210 Kgf/cm ²
18	26/05/2018	23/06/2018	28	10.06	10.07	10.03	10.10	20.24	20.47	3,900	210.10	D-0-26	210 Kgf/cm ²
19	26/05/2018	23/06/2018	28	10.00	10.09	10.12	10.14	20.30	20.28	3,883	207.70	D-0-26	210 Kgf/cm ²
20	26/05/2018	23/06/2018	28	10.00	10.01	10.14	10.11	20.52	20.20	3,880	200.00	D-0-26	210 Kgf/cm ²
21	26/05/2018	23/06/2018	28	10.03	10.08	10.09	10.05	20.25	20.50	3,943	195.90	D-0-26	210 Kgf/cm ²
22	26/05/2018	23/06/2018	28	10.02	10.00	10.13	10.13	20.44	20.22	3,928	199.00	D-0-26	210 Kgf/cm ²
23	26/05/2018	23/06/2018	28	10.03	10.10	10.04	10.09	20.31	20.53	3,926	210.60	D-0-26	210 Kgf/cm ²
24	26/05/2018	23/06/2018	28	10.01	10.03	10.13	10.10	20.40	20.58	3,821	211.40	D-0-26	210 Kgf/cm ²



Figura 32: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-0-26



Tabla 44

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-28

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis:		" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable:		Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Laboratorio:		Laboratorio Kallpa Mix Cusco											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2				
1	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.04	10.09	10.10	20.32	20.31	3,929	169.30	D-0-28	210 Kg/cm ²
2	28/05/2018	04/06/2018	7	10.09	10.06	10.03	10.12	20.32	20.37	3,971	166.40	D-0-28	210 Kg/cm ²
3	28/05/2018	04/06/2018	7	10.10	10.08	10.13	10.16	20.58	20.34	3,940	171.30	D-0-28	210 Kg/cm ²
4	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.05	10.17	10.12	20.40	20.20	3,952	169.30	D-0-28	210 Kg/cm ²
5	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.05	10.07	10.17	20.44	20.33	3,958	172.60	D-0-28	210 Kg/cm ²
6	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.05	10.08	10.13	20.29	20.53	3,962	171.10	D-0-28	210 Kg/cm ²
7	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.06	10.17	10.11	20.58	20.28	3,950	176.80	D-0-28	210 Kg/cm ²
8	28/05/2018	04/06/2018	7	10.04	10.01	10.17	10.10	20.54	20.56	3,969	170.40	D-0-28	210 Kg/cm ²
9	28/05/2018	04/06/2018	7	10.10	10.03	10.13	10.13	20.50	20.49	3,959	173.10	D-0-28	210 Kg/cm ²
10	28/05/2018	25/06/2018	28	10.02	10.07	10.13	10.12	20.22	20.40	3,825	205.10	D-0-28	210 Kg/cm ²
11	28/05/2018	25/06/2018	28	10.10	10.06	10.14	10.09	20.24	20.30	3,848	199.20	D-0-28	210 Kg/cm ²
12	28/05/2018	25/06/2018	28	10.06	10.07	10.12	10.14	20.39	20.44	3,840	204.00	D-0-28	210 Kg/cm ²
13	28/05/2018	25/06/2018	28	10.06	10.05	10.11	10.03	20.46	20.51	3,820	210.30	D-0-28	210 Kg/cm ²
14	28/05/2018	25/06/2018	28	10.07	10.04	10.11	10.02	20.46	20.23	3,860	210.50	D-0-28	210 Kg/cm ²
15	28/05/2018	25/06/2018	28	10.00	10.09	10.14	10.08	20.40	20.32	3,938	206.00	D-0-28	210 Kg/cm ²
16	28/05/2018	25/06/2018	28	10.08	10.08	10.05	10.03	20.58	20.24	3,833	196.10	D-0-28	210 Kg/cm ²
17	28/05/2018	25/06/2018	28	10.02	10.04	10.02	10.02	20.48	20.56	3,906	204.30	D-0-28	210 Kg/cm ²
18	28/05/2018	25/06/2018	28	10.03	10.10	10.13	10.11	20.47	20.54	3,917	211.40	D-0-28	210 Kg/cm ²



Figura 33: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-0-28

Tabla 45

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-28

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis:		" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable:		Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Laboratorio:		Laboratorio Kallpa Mix Cusco											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2				
				D1	D2	D1	D2						
1	28/05/2018	04/06/2018	7	10.01	10.05	10.13	10.13	20.36	20.38	3,621	114.60	D-1-28	210 Kg/cm ²
2	28/05/2018	04/06/2018	7	10.09	10.03	10.06	10.11	20.56	20.22	3,604	111.40	D-1-28	210 Kg/cm ²
3	28/05/2018	04/06/2018	7	10.01	10.05	10.05	10.15	20.33	20.34	3,598	115.60	D-1-28	210 Kg/cm ²
4	28/05/2018	04/06/2018	7	10.00	10.00	10.16	10.12	20.46	20.38	3,579	112.80	D-1-28	210 Kg/cm ²
5	28/05/2018	04/06/2018	7	10.06	10.01	10.16	10.12	20.26	20.30	3,621	113.30	D-1-28	210 Kg/cm ²
6	28/05/2018	04/06/2018	7	10.04	10.01	10.03	10.08	20.52	20.20	3,604	112.50	D-1-28	210 Kg/cm ²
7	28/05/2018	04/06/2018	7	10.07	10.09	10.07	10.17	20.22	20.32	3,584	110.60	D-1-28	210 Kg/cm ²
8	28/05/2018	04/06/2018	7	10.08	10.00	10.03	10.03	20.23	20.50	3,620	116.00	D-1-28	210 Kg/cm ²
9	28/05/2018	04/06/2018	7	10.03	10.03	10.16	10.06	20.46	20.24	3,600	121.60	D-1-28	210 Kg/cm ²
10	28/05/2018	25/06/2018	28	10.07	10.02	10.08	10.16	20.38	20.35	3,625	132.80	D-1-28	210 Kg/cm ²
11	28/05/2018	25/06/2018	28	10.07	10.10	10.15	10.10	20.31	20.54	3,600	125.80	D-1-28	210 Kg/cm ²
12	28/05/2018	25/06/2018	28	10.05	10.01	10.04	10.08	20.34	20.37	3,645	127.40	D-1-28	210 Kg/cm ²
13	28/05/2018	25/06/2018	28	10.00	10.01	10.06	10.11	20.54	20.49	3,598	129.90	D-1-28	210 Kg/cm ²
14	28/05/2018	25/06/2018	28	10.05	10.09	10.17	10.17	20.34	20.27	3,651	131.20	D-1-28	210 Kg/cm ²
15	28/05/2018	25/06/2018	28	10.08	10.10	10.04	10.07	20.26	20.47	3,638	129.30	D-1-28	210 Kg/cm ²
16	28/05/2018	25/06/2018	28	10.00	10.01	10.08	10.15	20.22	20.23	3,600	135.20	D-1-28	210 Kg/cm ²
17	28/05/2018	25/06/2018	28	10.08	10.04	10.11	10.07	20.37	20.40	3,611	139.90	D-1-28	210 Kg/cm ²
18	28/05/2018	25/06/2018	28	10.06	10.05	10.09	10.15	20.34	20.35	3,637	128.40	D-1-28	210 Kg/cm ²



Figura 34: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-1-28

Tabla 46

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-28

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis:		" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable:		Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Laboratorio:		Laboratorio Kallpa Mix Cusco											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2				
				D1	D2	D1	D2						
1	28/05/2018	04/06/2018	7	10.02	10.06	10.07	10.16	20.27	20.42	3,316	89.20	D-2-28	210 Kg/cm ²
2	28/05/2018	04/06/2018	7	10.04	10.08	10.13	10.08	20.43	20.29	3,359	86.70	D-2-28	210 Kg/cm ²
3	28/05/2018	04/06/2018	7	10.01	10.00	10.12	10.08	20.31	20.43	3,370	79.30	D-2-28	210 Kg/cm ²
4	28/05/2018	04/06/2018	7	10.01	10.09	10.09	10.02	20.39	20.24	3,309	79.40	D-2-28	210 Kg/cm ²
5	28/05/2018	04/06/2018	7	10.05	10.02	10.12	10.14	20.33	20.31	3,316	88.30	D-2-28	210 Kg/cm ²
6	28/05/2018	04/06/2018	7	10.01	10.10	10.17	10.02	20.58	20.26	3,365	86.80	D-2-28	210 Kg/cm ²
7	28/05/2018	04/06/2018	7	10.07	10.04	10.06	10.17	20.47	20.41	3,300	83.00	D-2-28	210 Kg/cm ²
8	28/05/2018	04/06/2018	7	10.05	10.01	10.17	10.11	20.48	20.42	3,359	85.70	D-2-28	210 Kg/cm ²
9	28/05/2018	04/06/2018	7	10.09	10.08	10.15	10.07	20.28	20.54	3,328	86.20	D-2-28	210 Kg/cm ²
10	28/05/2018	25/06/2018	28	10.06	10.01	10.02	10.13	20.47	20.27	3,305	105.10	D-2-28	210 Kg/cm ²
11	28/05/2018	25/06/2018	28	10.00	10.10	10.10	10.14	20.27	20.40	3,324	103.20	D-2-28	210 Kg/cm ²
12	28/05/2018	25/06/2018	28	10.10	10.07	10.13	10.06	20.34	20.32	3,314	99.90	D-2-28	210 Kg/cm ²
13	28/05/2018	25/06/2018	28	10.02	10.03	10.10	10.16	20.26	20.50	3,351	102.00	D-2-28	210 Kg/cm ²
14	28/05/2018	25/06/2018	28	10.02	10.02	10.05	10.05	20.49	20.29	3,309	100.40	D-2-28	210 Kg/cm ²
15	28/05/2018	25/06/2018	28	10.04	10.09	10.02	10.02	20.45	20.47	3,298	98.90	D-2-28	210 Kg/cm ²
16	28/05/2018	25/06/2018	28	10.04	10.07	10.11	10.10	20.28	20.29	3,311	100.00	D-2-28	210 Kg/cm ²
17	28/05/2018	25/06/2018	28	10.09	10.03	10.17	10.14	20.25	20.29	3,295	109.10	D-2-28	210 Kg/cm ²
18	28/05/2018	25/06/2018	28	10.08	10.02	10.05	10.14	20.40	20.54	3,318	110.30	D-2-28	210 Kg/cm ²



Figura 35: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-2-28

Tabla 47

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-29

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"													
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia Laboratorio: Laboratorio Kallpa Mix Cusco													
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g)	Fuerza (kN)	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2	m	F		
				D1	D2	D1	D2						
1	29/05/2018	05/06/2018	7	10.01	10.01	10.10	10.02	20.29	20.57	3,089	59.70	D-1-29	210 Kgf/cm ²
2	29/05/2018	05/06/2018	7	10.10	10.07	10.08	10.12	20.50	20.43	3,055	60.20	D-1-29	210 Kgf/cm ²
3	29/05/2018	05/06/2018	7	10.08	10.07	10.13	10.11	20.26	20.20	3,054	61.40	D-1-29	210 Kgf/cm ²
4	29/05/2018	05/06/2018	7	10.00	10.07	10.08	10.17	20.28	20.38	3,068	58.90	D-1-29	210 Kgf/cm ²
5	29/05/2018	05/06/2018	7	10.01	10.07	10.11	10.14	20.54	20.33	3,082	64.10	D-1-29	210 Kgf/cm ²
6	29/05/2018	05/06/2018	7	10.02	10.00	10.14	10.14	20.25	20.28	3,062	62.70	D-1-29	210 Kgf/cm ²
7	29/05/2018	05/06/2018	7	10.05	10.03	10.11	10.14	20.44	20.41	3,022	54.40	D-1-29	210 Kgf/cm ²
8	29/05/2018	05/06/2018	7	10.09	10.02	10.08	10.06	20.55	20.24	3,062	58.30	D-1-29	210 Kgf/cm ²
9	29/05/2018	05/06/2018	7	10.00	10.10	10.07	10.09	20.51	20.31	3,058	60.90	D-1-29	210 Kgf/cm ²
10	29/05/2018	26/06/2018	28	10.04	10.10	10.15	10.08	20.20	20.24	2,939	84.40	D-1-29	210 Kgf/cm ²
11	29/05/2018	26/06/2018	28	10.10	10.05	10.07	10.16	20.43	20.47	3,076	78.90	D-1-29	210 Kgf/cm ²
12	29/05/2018	26/06/2018	28	10.09	10.07	10.07	10.04	20.50	20.40	3,015	73.70	D-1-29	210 Kgf/cm ²
13	29/05/2018	26/06/2018	28	10.04	10.00	10.17	10.13	20.52	20.29	3,054	75.90	D-1-29	210 Kgf/cm ²
14	29/05/2018	26/06/2018	28	10.00	10.01	10.07	10.12	20.33	20.23	2,986	77.20	D-1-29	210 Kgf/cm ²
15	29/05/2018	26/06/2018	28	10.00	10.07	10.12	10.16	20.52	20.46	2,998	76.90	D-1-29	210 Kgf/cm ²
16	29/05/2018	26/06/2018	28	10.06	10.00	10.09	10.04	20.38	20.20	2,942	82.40	D-1-29	210 Kgf/cm ²
17	29/05/2018	26/06/2018	28	10.10	10.00	10.12	10.02	20.53	20.47	3,000	78.60	D-1-29	210 Kgf/cm ²
18	29/05/2018	26/06/2018	28	10.05	10.04	10.03	10.08	20.32	20.39	3,026	79.40	D-1-29	210 Kgf/cm ²



Figura 36: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-1-29



Tabla 48

Toma de datos - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-29


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis:		" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable:		Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Laboratorio:		Laboratorio Kallpa Mix Cusco											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.034													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones Código de diseño	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2				
				D1	D2	D1	D2						
1	29/05/2018	05/06/2018	7	10.10	10.09	10.15	10.02	20.44	20.53	2,628	29.80	D-2-29	210 Kg/cm ²
2	29/05/2018	05/06/2018	7	10.00	10.05	10.16	10.10	20.47	20.35	2,642	28.60	D-2-29	210 Kg/cm ²
3	29/05/2018	05/06/2018	7	10.09	10.04	10.17	10.03	20.24	20.34	2,630	28.40	D-2-29	210 Kg/cm ²
4	29/05/2018	05/06/2018	7	10.10	10.10	10.09	10.08	20.43	20.20	2,668	29.60	D-2-29	210 Kg/cm ²
5	29/05/2018	05/06/2018	7	10.08	10.00	10.16	10.10	20.22	20.49	2,620	29.30	D-2-29	210 Kg/cm ²
6	29/05/2018	05/06/2018	7	10.03	10.03	10.16	10.03	20.20	20.22	2,650	29.40	D-2-29	210 Kg/cm ²
7	29/05/2018	05/06/2018	7	10.05	10.04	10.03	10.03	20.35	20.50	2,622	25.20	D-2-29	210 Kg/cm ²
8	29/05/2018	05/06/2018	7	10.02	10.10	10.16	10.16	20.20	20.55	2,641	30.60	D-2-29	210 Kg/cm ²
9	29/05/2018	05/06/2018	7	10.04	10.05	10.04	10.06	20.39	20.54	2,646	27.40	D-2-29	210 Kg/cm ²
10	29/05/2018	26/06/2018	28	10.08	10.00	10.16	10.06	20.57	20.43	2,625	41.80	D-2-29	210 Kg/cm ²
11	29/05/2018	26/06/2018	28	10.07	10.05	10.05	10.12	20.23	20.28	2,678	36.30	D-2-29	210 Kg/cm ²
12	29/05/2018	26/06/2018	28	10.02	10.10	10.15	10.08	20.44	20.23	2,650	44.10	D-2-29	210 Kg/cm ²
13	29/05/2018	26/06/2018	28	10.01	10.06	10.07	10.08	20.55	20.37	2,647	38.30	D-2-29	210 Kg/cm ²
14	29/05/2018	26/06/2018	28	10.01	10.10	10.08	10.14	20.51	20.25	2,671	40.40	D-2-29	210 Kg/cm ²
15	29/05/2018	26/06/2018	28	10.07	10.04	10.04	10.17	20.43	20.41	2,624	37.80	D-2-29	210 Kg/cm ²
16	29/05/2018	26/06/2018	28	10.05	10.00	10.03	10.15	20.38	20.23	2,626	40.70	D-2-29	210 Kg/cm ²
17	29/05/2018	26/06/2018	28	10.00	10.09	10.13	10.12	20.21	20.56	2,641	42.80	D-2-29	210 Kg/cm ²
18	29/05/2018	26/06/2018	28	10.01	10.07	10.10	10.06	20.43	20.25	2,668	39.40	D-2-29	210 Kg/cm ²



Figura 37: Falla de las briquetas sometidas a compresión - Diseño D-2-29



3.6. Procedimiento de Análisis de datos

3.6.1. Análisis granulométrico de los Agregados

Para realizar este tipo de análisis nos basamos en la norma técnica peruana NTP 400.012, en la cual establecen los parámetros para el análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

3.6.1.1. Análisis granulométrico de los agregados finos

a) Procesamiento

En el procesamiento de los datos obtenidos, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\%Pasante = 100 - \%Retenido Acumulado$$

$$\%Mezcla = \%Pasante A * \%Proporcion A + \%Pasante B * \%Proporcion B$$

Para calcular el módulo de fineza:

$$M.F. = \frac{\Sigma \%Retenidos Acumulados}{100}$$

$$M.F. Combinacion = M.F.A * \%Proporcion "A" + M.F.B * \%Proporcion "B"$$

b) Diagramas y tablas

Como ya se cuenta con los datos del peso retenido en cada tamiz, se calcula su porcentaje respectivo, luego se halla el porcentaje retenido acumulado y finalmente el porcentaje pasante acumulado.



Tabla 49
Análisis de datos - Granulometría del agregado fino - Cantera Abril

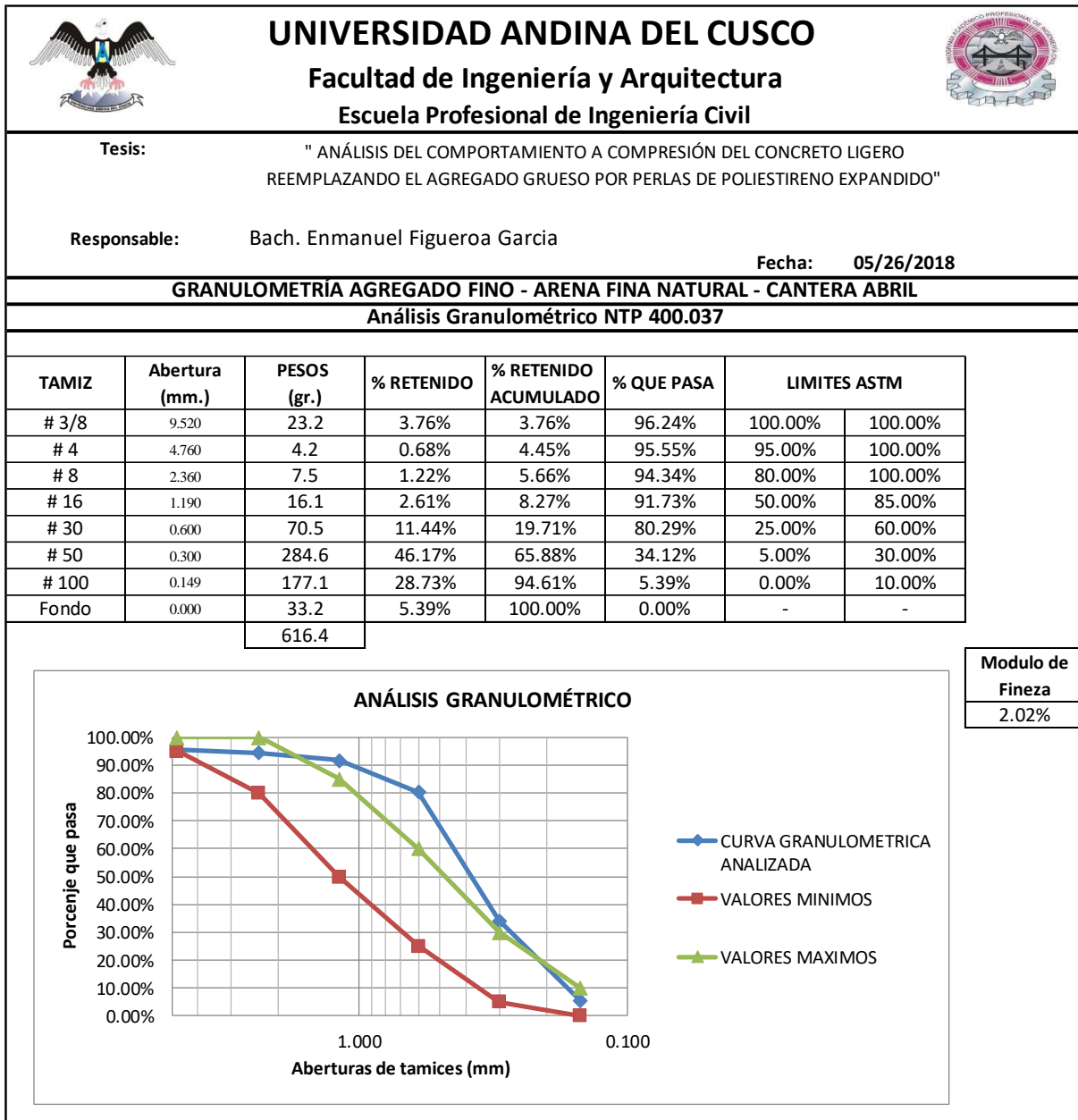




Tabla 50

Análisis de datos - Granulometría del agregado fino - Cantera Vicho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"							
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa García							
Fecha: 05/25/2018							
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO - ARENA GRUESA NATURAL ZARANDEADA - CANTERA VICH0							
Análisis Granulométrico NTP 400.037							
TAMIZ	Abertura (mm.)	PESOS (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITES ASTM	
3/4"	19.050		0.00%	0.00%	100.00%		
3/8"	9.525	0	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
# 4	4.760	61.20	8.85%	8.85%	91.15%	95.00%	100.00%
# 8	2.360	151.00	21.85%	30.70%	69.30%	80.00%	100.00%
# 16	1.190	146.90	21.25%	51.95%	48.05%	50.00%	85.00%
# 30	0.600	91.90	13.30%	65.25%	34.75%	25.00%	60.00%
# 50	0.300	97.60	14.12%	79.37%	20.63%	10.00%	30.00%
# 100	0.149	92.30	13.35%	92.72%	7.28%	2.00%	10.00%
Fondo		50.30	7.28%	100.00%	0.00%	-	-
		691.2					

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El gráfico muestra el porcentaje que pasa a través de tamices de diferentes aberturas (en mm) para tres series de datos: la curva granulométrica analizada (línea azul con triángulos), los valores mínimos (línea roja con cuadrados) y los valores máximos (línea verde con triángulos). El eje X representa las aberturas de tamices en mm (logaritmo inverso) y el eje Y representa el porcentaje que pasa. Se observa que la muestra analizada está entre los límites mínimos y máximos, pero no cumple con los requisitos de la norma en los tamices más finos.

Modulo de Fineza
3.29%

c) Análisis de la prueba

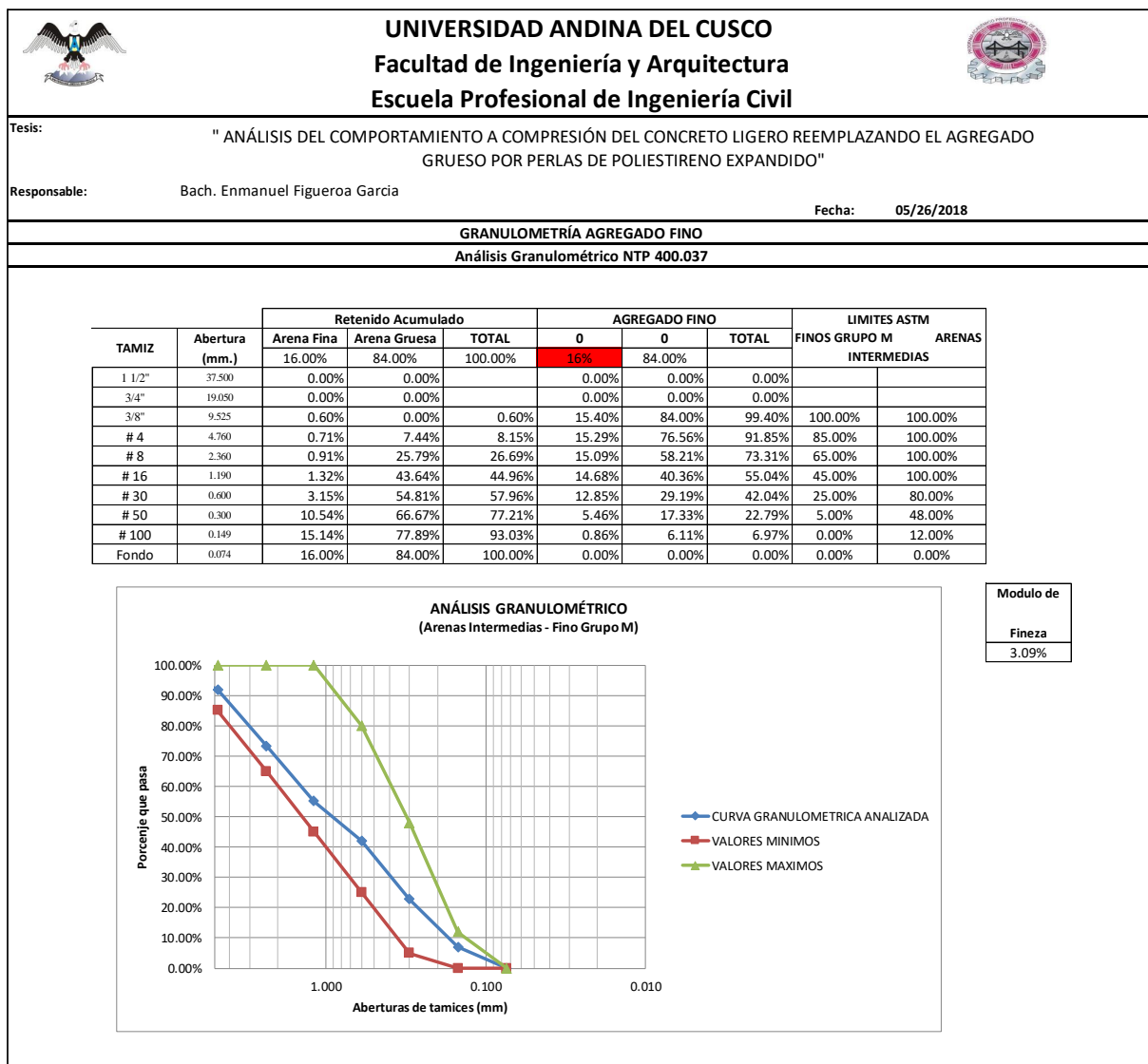
Se puede observar que tenemos dos tipos de arenas, una que es muy fina con un módulo de fineza de 2.02% y otra muy gruesa con módulo de fineza de 3.29%, ninguna cumple con la granulometría propuesta por la norma (ver los límites), es por eso que nos vemos en la imperiosa



necesidad de mezclarlas, para lo cual se evaluó con diferentes porcentajes de cada uno de ellos, llegando a tener una muestra ideal que se ajuste más, tanto gráficamente como en los valores de la mezcla para concreto estipulados para los requisitos granulométricos para el agregado fino para los tres tipos de agregado fino.

Se llegó a la conclusión que 16% de Arena fina natural de la cantera de Abril y 84% de Arena gruesa natural zarandeada de la cantera de Vicho es la mejor combinación.

Tabla 51
Análisis Granulométrico - Agregado fino combinado 16%-84%



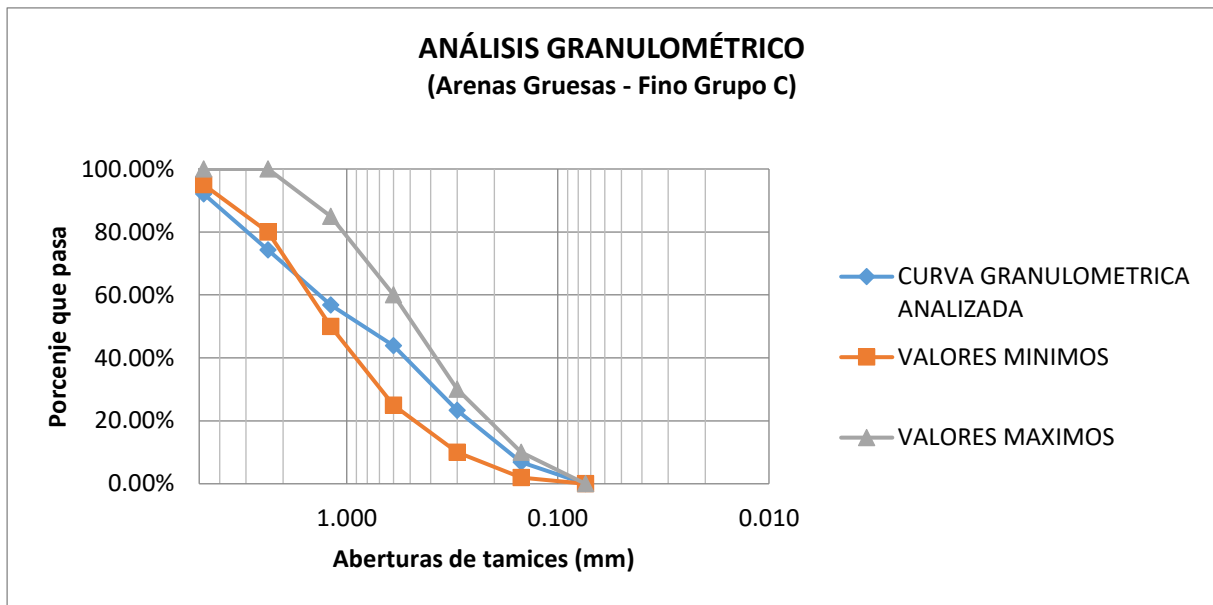


Figura 38: Agregado fino Grupo C

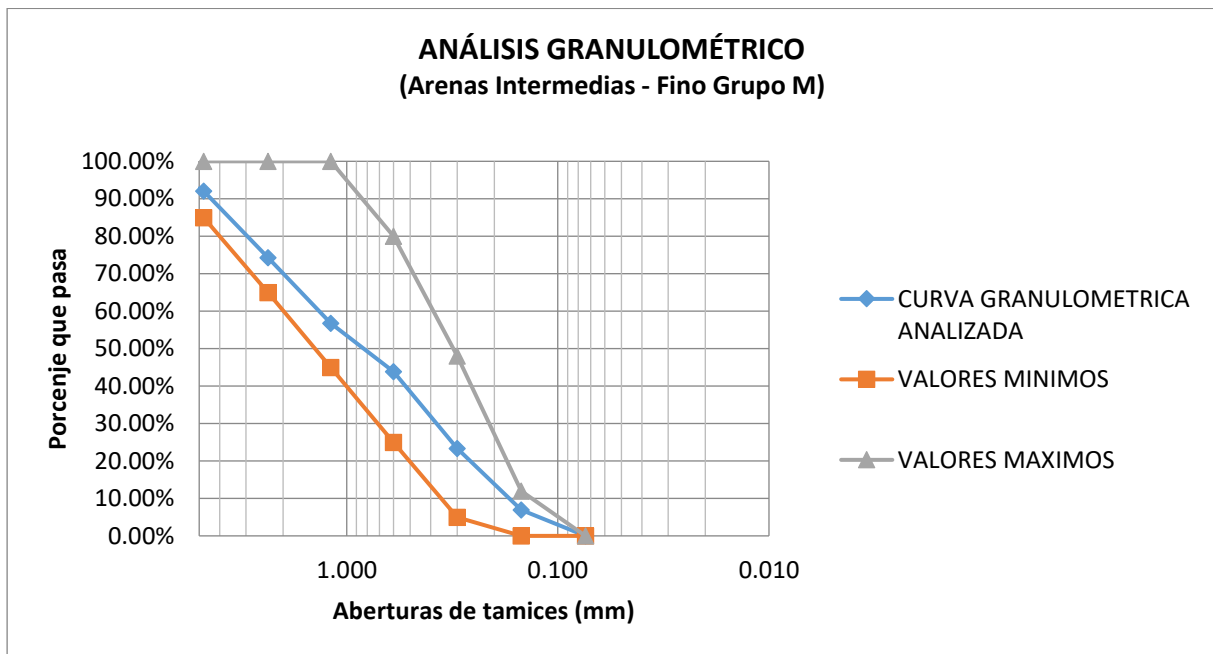


Figura 39: Agregado fino Grupo M

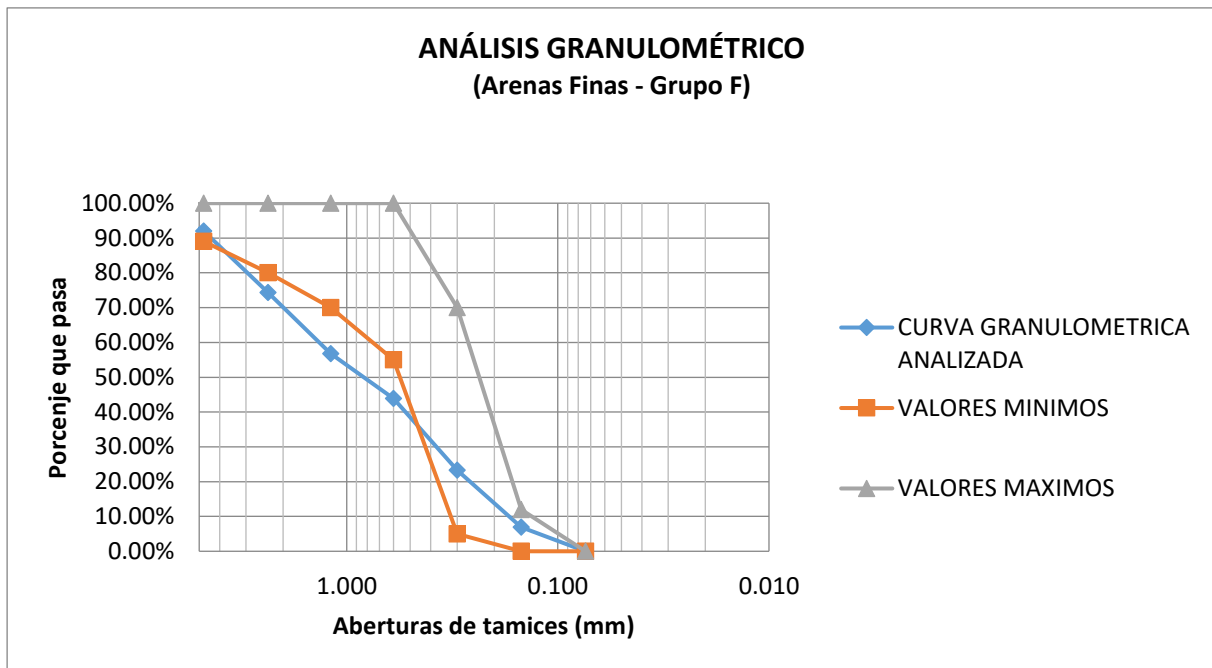


Figura 40: Agregado fino Grupo F

Como se puede apreciar la combinación 16% - 84%, encaja de mejor manera en el grupo M, que corresponden al de arenas intermedias, ideal para concretos.

3.6.1.2. Análisis granulométrico del agregado grueso

a) Procesamiento

De igual manera que para el agregado fino con los datos obtenidos en laboratorio, se aplican las siguientes formulas:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\%Pasante = 100 - \%Retenido Acumulado$$

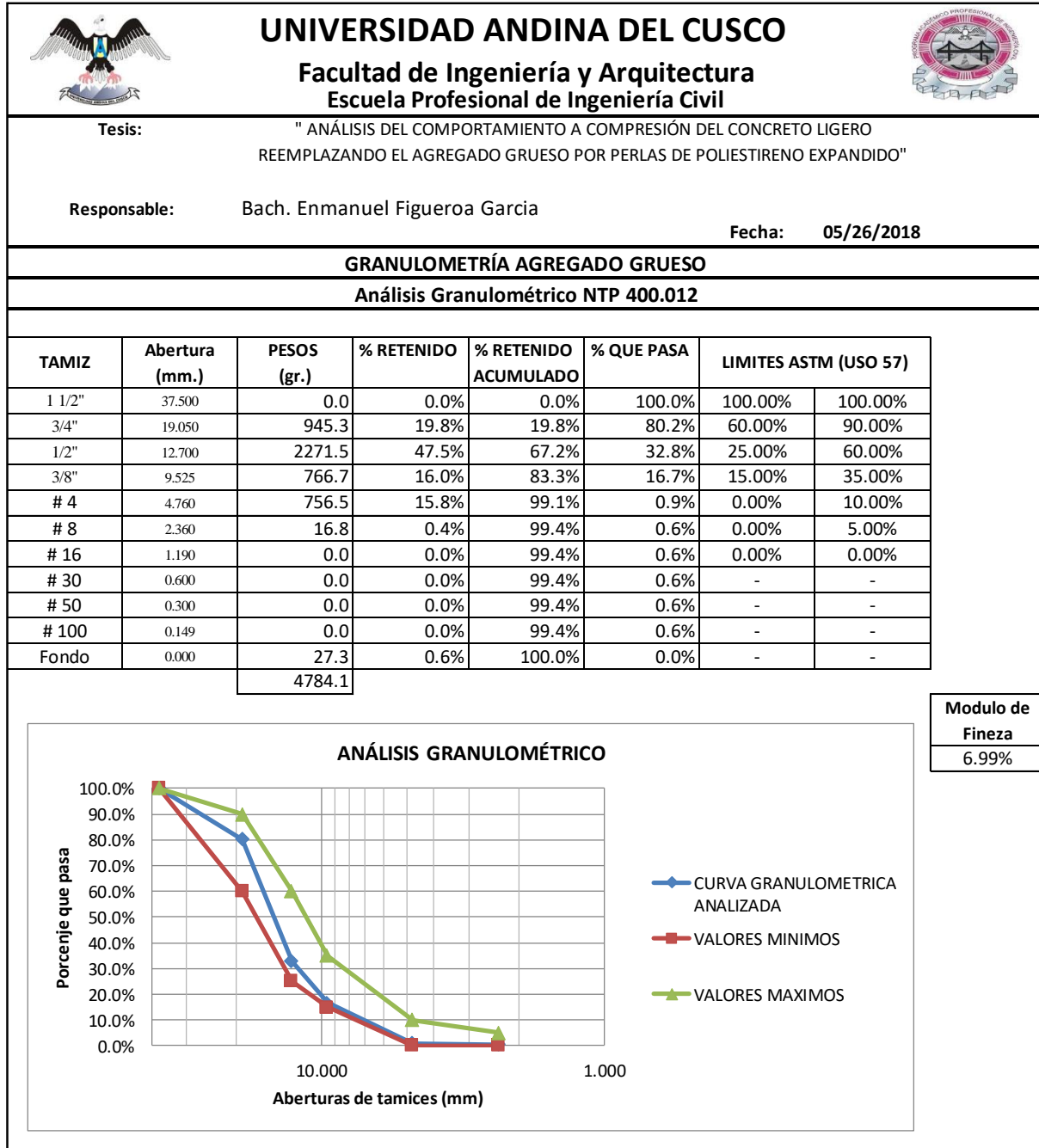
Para calcular el módulo de fineza:

$$M.F. = \frac{\sum \%Retenidos Acumulados}{100}$$



b) Diagramas y tablas

Tabla 52
Análisis Granulométrico - Agregado Grueso



c) Análisis de la prueba

El agregado grueso cumple con los parámetros de la norma, como se pueden ver tanto en la tabla como gráficamente, estando en el parámetro del uso 57.



3.6.1.3. Análisis granulométrico de las perlas de Poliestireno Expandido

a) Procesamiento

Una vez que tenemos los datos de los diámetros, por inspección se nota que solo el material se encuentra retenido y pasante en la malla N°4, así es que filtramos los tamaños.

b) Diagramas y tablas

Tabla 53
Granulometría de las perlas de EPS

TAMIZ	Abertura (mm.)	W total = 0.04 (g)	W total = 0.04 (g)	W total = 0.04 (g)
		Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
# 4	4.760	5.7	6.4	6.7
		5.6	5.6	5.9
		5.5	5.5	5.8
		5.4	5.5	5.5
		5.4	5.4	5.5
		5.3	5.3	5.3
		5.3	5.2	5.3
		5.1	5.2	5.1
		5.1	5.1	5.1
		5.1	5.1	5.1
		5	5	5
		4.9	4.9	4.9
		4.9	4.9	4.8
		4.8	4.8	
4.8	4.8			
# 8	2.360	4.7	4.7	4.7
		4.7	4.6	4.7
		4.7	4.6	4.7
		4.7	4.6	4.7
		4.6	4.6	4.7
		4.6	4.4	4.7
		4.6	4.4	4.7
		4.6	4.4	4.5
		4.5	4.3	4.5
		4.5	4.3	4.4
		4.5	4.2	4.3
		4.5	4.1	4.3
		4.5	4.1	4.2
		4.5	4.1	4.2
		4.3	4.1	4.2
		4.3	4.1	4.2
		4.2	4	4.1
		4.2	3.9	4.1
		4.1	3.9	4.1
		4.1	3.9	4
0	3.8	3.9		
0	3.8	3.9		
0	3.5	3.7		

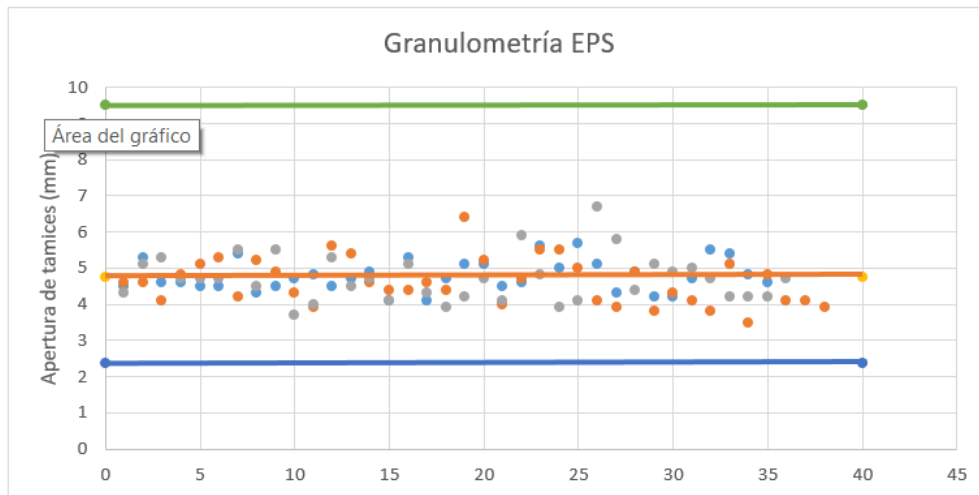


Figura 41: Granulometría de las Perlas de EPS

c) Análisis de la prueba

Se puede observar que las perlas de EPS tienen un tamaño promedio que oscila cerca al valor de la malla N°4, ya que estas perlas vienen como pelets que por medio de la acción de la energía en forma de calor por vapor de agua incrementan su volumen, siendo casi constantes.

3.6.2. Peso específico y absorción

3.6.2.1. Peso específico y absorción de los agregados finos

a) Procesamiento

Para realizar este tipo de análisis nos basamos en la norma técnica peruana NTP 400.022, es así que para obtener el peso específico y absorción del agregado fino se utilizan las siguientes formulas:

$$V_{sss} = P_{sss} + (P_f + P_w) - (P_f + P_w + P_{sss})$$

$$PE_m = \frac{P}{(V_{sss})}$$

$$Pe_{SSS} = \frac{P_{sss}}{(V_{sss})}$$

$$Ab = \frac{P_{sss} - P}{P} * 100$$



b) Diagramas y tablas

Tabla 54

Análisis Peso específico y absorción - Arena gruesa natural zarandeada - Cantera Vicho





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																										
	Fecha:	05/25/2018																																																									
Ensayo de Peso Especifico y Absorción de los Agregados Finos																																																											
NTP 400.022																																																											
Observaciones:																																																											
<hr/> <hr/> <hr/>																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Peso de Fiola + Peso del Agua</td> <td>Pf + Pw</td> <td>g</td> <td>1184.3</td> <td>1184.3</td> <td>1184.3</td> </tr> <tr> <td>Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS</td> <td>Pf + Pw + Psss</td> <td>g</td> <td>1495.7</td> <td>1491.2</td> <td>1491.5</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td>486.8</td> <td>488.8</td> <td>489.6</td> </tr> <tr> <td>Volumen en sss</td> <td>Vsss</td> <td>cm³</td> <td>188.600</td> <td>193.100</td> <td>192.800</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td>2.581</td> <td>2.531</td> <td>2.539</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td>2.651</td> <td>2.589</td> <td>2.593</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td>2.712</td> <td>2.291</td> <td>2.124</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500	Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3	Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.7	1491.2	1491.5	Peso de la muestra seca	P	g	486.8	488.8	489.6	Volumen en sss	Vsss	cm ³	188.600	193.100	192.800	Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.581	2.531	2.539	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.651	2.589	2.593	Absorción	Abs	%	2.712	2.291	2.124
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantera Vicho																																																					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																						
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500																																																						
Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3																																																						
Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.7	1491.2	1491.5																																																						
Peso de la muestra seca	P	g	486.8	488.8	489.6																																																						
Volumen en sss	Vsss	cm ³	188.600	193.100	192.800																																																						
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.581	2.531	2.539																																																						
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.651	2.589	2.593																																																						
Absorción	Abs	%	2.712	2.291	2.124																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Promedio para el agregado fino - Arena gruesa natural - Cantera Vicho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td>2.551</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td>2.611</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td>2.376</td> </tr> </tbody> </table>			Promedio para el agregado fino - Arena gruesa natural - Cantera Vicho				Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.551	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.611	Absorción	Abs	%	2.376																																									
Promedio para el agregado fino - Arena gruesa natural - Cantera Vicho																																																											
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.551																																																								
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.611																																																								
Absorción	Abs	%	2.376																																																								



Tabla 55

Análisis Peso específico y absorción - Arena fina natural - Cantera Abril

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																																										
	Fecha:	05/25/2018																																																																									
Ensayo de Peso Especifico y Absorción de los Agregados Finos																																																																											
NTP 400.022																																																																											
Observaciones: _____ _____ _____																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Fina Natural - Cantera Abril</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Peso de Fiola + Peso del Agua</td> <td>Pf + Pw</td> <td>g</td> <td>1184.3</td> <td>1184.3</td> <td>1184.3</td> </tr> <tr> <td>Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS</td> <td>Pf + Pw + Psss</td> <td>g</td> <td>1495.2</td> <td>1496.8</td> <td>1497.2</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td>486.95</td> <td>486.05</td> <td>485.9</td> </tr> <tr> <td>Volumen en sss</td> <td>Vsss</td> <td>cm³</td> <td>189.100</td> <td>187.500</td> <td>187.100</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td>2.575</td> <td>2.592</td> <td>2.597</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td>2.644</td> <td>2.667</td> <td>2.672</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td>2.680</td> <td>2.870</td> <td>2.902</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Promedio para el agregado fino - Arena fina Natural - Cantera Abril</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td>2.588</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td>2.661</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td>2.817</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Fina Natural - Cantera Abril			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500	Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3	Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.2	1496.8	1497.2	Peso de la muestra seca	P	g	486.95	486.05	485.9	Volumen en sss	Vsss	cm ³	189.100	187.500	187.100	Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.575	2.592	2.597	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.644	2.667	2.672	Absorción	Abs	%	2.680	2.870	2.902	Promedio para el agregado fino - Arena fina Natural - Cantera Abril				Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.588	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.661	Absorción	Abs	%	2.817
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Fina Natural - Cantera Abril																																																																					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																																						
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	500	500	500																																																																						
Peso de Fiola + Peso del Agua	Pf + Pw	g	1184.3	1184.3	1184.3																																																																						
Peso de fiola + Peso del Agua + Peso de la Muestra SSS	Pf + Pw + Psss	g	1495.2	1496.8	1497.2																																																																						
Peso de la muestra seca	P	g	486.95	486.05	485.9																																																																						
Volumen en sss	Vsss	cm ³	189.100	187.500	187.100																																																																						
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.575	2.592	2.597																																																																						
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.644	2.667	2.672																																																																						
Absorción	Abs	%	2.680	2.870	2.902																																																																						
Promedio para el agregado fino - Arena fina Natural - Cantera Abril																																																																											
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.588																																																																								
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.661																																																																								
Absorción	Abs	%	2.817																																																																								

Se puede observar que el peso específico en sss de la arena gruesa es de 2.611 gr/cm³ y la absorción es de 2.376% mientras que de la arena fina el P.E.sss es de 2.66 gr/cm³ y la absorción es de 2.817%.

c) Análisis de la prueba

3.6.2.2. Peso específico y absorción del agregado grueso

Para realizar este tipo de análisis nos basamos en la norma técnica peruana NTP 400.021.

a) Procesamiento

El cálculo del peso específico se desarrolló por desplazamiento y también por el método tradicional, siendo los resultados similares, a continuación, detallaremos el cálculo por desplazamiento de volumen.



$$Vd = Vf - Vi$$

$$PEm = \frac{P}{Vd}$$



$$PEsss = \frac{Psss}{Vd}$$

$$Ab = \frac{Psss - P}{P} * 100$$

b) Diagramas y tablas

Tabla 56

Análisis Peso específico y absorción - Agregado grueso - Cantera Candia

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																																										
	Fecha:	05/25/2018																																																																									
Ensayo de Peso Específico y Absorción de los Agregados Gruesos																																																																											
NTP 400.021																																																																											
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Piedra Chancada - Candia</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada</td> <td>Psss</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">542.8</td> <td style="text-align: center;">545.6</td> <td style="text-align: center;">544.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen inicial de la probeta</td> <td>Vi</td> <td>cm³</td> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">250</td> </tr> <tr> <td>Volumen final de la probeta</td> <td>Vf</td> <td>cm³</td> <td style="text-align: center;">459.15</td> <td style="text-align: center;">461.3</td> <td style="text-align: center;">459.55</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>P</td> <td>g</td> <td style="text-align: center;">536.85</td> <td style="text-align: center;">538.95</td> <td style="text-align: center;">538.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen desplazado</td> <td>Vd</td> <td>cm³</td> <td style="text-align: center;">209.15</td> <td style="text-align: center;">211.3</td> <td style="text-align: center;">209.55</td> </tr> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.567</td> <td style="text-align: center;">2.551</td> <td style="text-align: center;">2.568</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.595</td> <td style="text-align: center;">2.582</td> <td style="text-align: center;">2.597</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td style="text-align: center;">1.108</td> <td style="text-align: center;">1.234</td> <td style="text-align: center;">1.115</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Promedio para el agregado grueso - Piedra Chancada - Cantera Candia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso específico de la masa</td> <td>P.E.m</td> <td>g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.562</td> </tr> <tr> <td>Peso específico sss</td> <td>P.E.sss</td> <td>g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.591</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>Abs</td> <td>%</td> <td style="text-align: center;">1.152</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Piedra Chancada - Candia			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	542.8	545.6	544.2	Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³	250	250	250	Volumen final de la probeta	Vf	cm ³	459.15	461.3	459.55	Peso de la muestra seca	P	g	536.85	538.95	538.2	Volumen desplazado	Vd	cm ³	209.15	211.3	209.55	Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.567	2.551	2.568	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.595	2.582	2.597	Absorción	Abs	%	1.108	1.234	1.115	Promedio para el agregado grueso - Piedra Chancada - Cantera Candia				Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.562	Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.591	Absorción	Abs	%	1.152
Descripción	Símbolo	Unidad				Piedra Chancada - Candia																																																																					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																																						
Peso de la muestra con Superficialmente Seca Saturada	Psss	g	542.8	545.6	544.2																																																																						
Volumen inicial de la probeta	Vi	cm ³	250	250	250																																																																						
Volumen final de la probeta	Vf	cm ³	459.15	461.3	459.55																																																																						
Peso de la muestra seca	P	g	536.85	538.95	538.2																																																																						
Volumen desplazado	Vd	cm ³	209.15	211.3	209.55																																																																						
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.567	2.551	2.568																																																																						
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.595	2.582	2.597																																																																						
Absorción	Abs	%	1.108	1.234	1.115																																																																						
Promedio para el agregado grueso - Piedra Chancada - Cantera Candia																																																																											
Peso específico de la masa	P.E.m	g/cm ³	2.562																																																																								
Peso específico sss	P.E.sss	g/cm ³	2.591																																																																								
Absorción	Abs	%	1.152																																																																								

c) Análisis de la prueba

Se puede observar que el peso específico en estado saturado superficialmente seco (P.E.sss) Es de 2.59 gr/cm³ y su absorción es de 1.15%.



3.6.2.3. Peso específico y absorción de las perlas de Poliestireno Expandido

a) Procesamiento

Para obtener el peso específico y absorción de las perlas de Poliestireno Expandido se utilizan las siguientes formulas:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$


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

b) Diagramas y tablas



Tabla 57

Análisis Peso específico y absorción - Perlas de Poliestireno Expandido EPS

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO						
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia						
Fecha:						
PESO ESPECIFICO DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO						
Toma de muestra de Perlas de Poliestireno Expandido						
Observaciones:						
_____ _____ _____						
Muestra	W total = 0.04 (g) Ø (mm)	W total = 0.04 (g) Ø (mm)	W total = 0.04 (g) Ø (mm)	Volumen Unitario (m3)	Volumen Unitario (m3)	Volumen Unitario (m3)
1	4.5	4.6	4.3	4.77129E-08	5.0965E-08	4.16298E-08
2	5.3	4.6	5.1	7.79518E-08	5.0965E-08	6.94559E-08
3	4.6	4.1	5.3	5.0965E-08	3.6087E-08	7.79518E-08
4	4.6	4.8	4.7	5.0965E-08	5.79058E-08	5.43616E-08
5	4.5	5.1	4.7	4.77129E-08	6.94559E-08	5.43616E-08
6	4.5	5.3	4.7	4.77129E-08	7.79518E-08	5.43616E-08
7	5.4	4.2	5.5	8.2448E-08	3.87924E-08	8.71137E-08
8	4.3	5.2	4.5	4.16298E-08	7.36222E-08	4.77129E-08
9	4.5	4.9	5.5	4.77129E-08	6.16009E-08	8.71137E-08
10	4.7	4.3	3.7	5.43616E-08	4.16298E-08	2.65218E-08
11	4.8	3.9	4	5.79058E-08	3.10594E-08	3.35103E-08
12	4.5	5.6	5.3	4.77129E-08	9.19523E-08	7.79518E-08
13	4.7	5.4	4.5	5.43616E-08	8.2448E-08	4.77129E-08
14	4.9	4.6	4.7	6.16009E-08	5.0965E-08	5.43616E-08
15	4.1	4.4	4.1	3.6087E-08	4.46022E-08	3.6087E-08
16	5.3	4.4	5.1	7.79518E-08	4.46022E-08	6.94559E-08
17	4.1	4.6	4.3	3.6087E-08	5.0965E-08	4.16298E-08
18	4.7	4.4	3.9	5.43616E-08	4.46022E-08	3.10594E-08
19	5.1	6.4	4.2	6.94559E-08	1.37258E-07	3.87924E-08
20	5.1	5.2	4.7	6.94559E-08	7.36222E-08	5.43616E-08
21	4.5	4	4.1	4.77129E-08	3.35103E-08	3.6087E-08
22	4.6	4.7	5.9	5.0965E-08	5.43616E-08	1.07536E-07
23	5.6	5.5	4.8	9.19523E-08	8.71137E-08	5.79058E-08
24	5	5.5	3.9	6.54498E-08	8.71137E-08	3.10594E-08
25	5.7	5	4.1	9.69668E-08	6.54498E-08	3.6087E-08
26	5.1	4.1	6.7	6.94559E-08	3.6087E-08	1.57479E-07
27	4.3	3.9	5.8	4.16298E-08	3.10594E-08	1.0216E-07
28	4.9	4.9	4.4	6.16009E-08	6.16009E-08	4.46022E-08
29	4.2	3.8	5.1	3.87924E-08	2.87309E-08	6.94559E-08
30	4.2	4.3	4.9	3.87924E-08	4.16298E-08	6.16009E-08
31	4.7	4.1	5	5.43616E-08	3.6087E-08	6.54498E-08
32	5.5	3.8	4.7	8.71137E-08	2.87309E-08	5.43616E-08
33	5.4	5.1	4.2	8.2448E-08	6.94559E-08	3.87924E-08
34	4.8	3.5	4.2	5.79058E-08	2.24493E-08	3.87924E-08
35	4.6	4.8	4.2	5.0965E-08	5.79058E-08	3.87924E-08
36		4.1	4.7	0	3.6087E-08	5.43616E-08
37		4.1		0	3.6087E-08	0
38		3.9		0	3.10594E-08	0
Volumen total:				2.05027E-06	2.05557E-06	2.08003E-06
Masa (kg):				0.00004	0.00004	0.00004
Peso Especifico (kg/m³):				19.510	19.459	19.230
P.E. Promedio (kg/m³):				19.400		



c) **Análisis de la prueba**

Se puede observar un peso específico de 19.4 Kg/m³ y la absorción de este material como se indicó en la página 39 es cero.

3.6.3. Material que pasa la malla N° 200

Para realizar este tipo de análisis nos basamos en la norma técnica peruana NTP 400.018.

3.6.3.1. Material que pasa la malla N° 200 para los agregados finos

a) **Procesamiento**

Para obtener el material que paso por la malla N°200 después del lavado se utilizó la siguiente fórmula:

$$P200 = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$



b) **Diagramas y tablas**

Tabla 58
Análisis Material pasante Malla N°200 - Arena gruesa

Descripción		Símbolo	Unidad	Arena Gruesa Natural Zarandeada - Cantero Vicho		
				Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso de material seco + tara		Pht	g	873.30	930.90	908.20
Peso de material seco despues de lavado + tara		Pst	g	845.90	902.10	880.20
Peso de la tara		Pt	g	70.40	80.50	60.70
Peso material seco		Ph	g	802.90	850.40	847.50
Peso Material seco despues de lavar		Ps	g	775.50	821.60	819.50
% Perdido (paso malla N°200)		P200	%	3.41%	3.39%	3.30%
Promedio % Pasante Malla N°200				3.37%		



Tabla 59
Análisis Material pasante Malla N°200 - Arena fina

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
Facultad de Ingeniería y Arquitectura		Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"				
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa García		Fecha:	26/05/2018	
Materiales más finos que pasan por el Tamiz N°200 por lavado					
NTP 400.018					
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>				
			Arena Fina Natural - Cantera Abril		
Descripción	Símbolo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso de material seco + tara	Pht	g	634.80	621.10	602.80
Peso de material seco después de lavado + tara	Pst	g	608.00	593.70	576.80
Peso de la tara	Pt	g	80.60	60.70	70.40
Peso material seco	Ph	g	554.20	560.40	532.40
Peso Material seco después de lavar	Ps	g	527.40	533.00	506.40
% Perdido (paso malla N°200)	P200	%	4.84%	4.89%	4.88%
Promedio % Pasante Malla N°200			4.87%		

c) Análisis de la prueba

Como se puede ver la arena fina natural nos da una pasante malla N° 200 de 4.87%, mientras que la arena gruesa un pasante de malla N° 200 de 3.37%, siendo el límite para el agregado fino del 5%, estando en el rango de lo aceptable.

3.6.4. Contenido de humedad natural

Para realizar este tipo de análisis nos basamos en la norma técnica peruana NTP 339.185.

3.6.4.1. Contenido de humedad natural de los agregados finos

a) Procesamiento

$$\%Humedad = \frac{Pah - Pas}{Pas} * 100$$

b) Diagramas y tablas



Tabla 60
Análisis de Humedad Natural del Agregado Fino - Arena Gruesa





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																										
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018																																																									
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino																																																											
NTP 339.185																																																											
Observaciones: _____ _____ _____																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena Gruesa - Cantera Vicho</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td>700.40</td> <td>705.30</td> <td>675.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td>663.20</td> <td>667.40</td> <td>638.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td>80.40</td> <td>70.30</td> <td>60.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del material natural</td> <td>Pah</td> <td>g</td> <td>620.00</td> <td>635.00</td> <td>615.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del material seco</td> <td>Pas</td> <td>g</td> <td>582.80</td> <td>597.10</td> <td>578.20</td> </tr> <tr> <td>Diferencia de pesos</td> <td>Pah-Pas</td> <td>g</td> <td>37.20</td> <td>37.90</td> <td>36.80</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td>6.38%</td> <td>6.35%</td> <td>6.36%</td> </tr> <tr> <td>Promedio de % de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">6.36%</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena Gruesa - Cantera Vicho			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	700.40	705.30	675.60	Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	663.20	667.40	638.80	Peso de la tara	t	g	80.40	70.30	60.60	Peso del material natural	Pah	g	620.00	635.00	615.00	Peso del material seco	Pas	g	582.80	597.10	578.20	Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	37.20	37.90	36.80	% de Humedad		%	6.38%	6.35%	6.36%	Promedio de % de Humedad		%	6.36%		
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena Gruesa - Cantera Vicho																																																					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																						
Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	700.40	705.30	675.60																																																						
Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	663.20	667.40	638.80																																																						
Peso de la tara	t	g	80.40	70.30	60.60																																																						
Peso del material natural	Pah	g	620.00	635.00	615.00																																																						
Peso del material seco	Pas	g	582.80	597.10	578.20																																																						
Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	37.20	37.90	36.80																																																						
% de Humedad		%	6.38%	6.35%	6.36%																																																						
Promedio de % de Humedad		%	6.36%																																																								



Tabla 61
Análisis de Humedad Natural del Agregado Fino - Arena Fina

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																										
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																											
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																											
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																										
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																										
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 28/05/2018																																																									
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino																																																											
NTP 339.185																																																											
Observaciones: _____																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Arena fina - Cantera Abril</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td>570.20</td> <td>580.40</td> <td>560.50</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td>538.80</td> <td>548.80</td> <td>528.40</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td>70.20</td> <td>80.40</td> <td>60.50</td> </tr> <tr> <td>Peso del material natural</td> <td>Pah</td> <td>g</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del material seco</td> <td>Pas</td> <td>g</td> <td>468.60</td> <td>468.40</td> <td>467.90</td> </tr> <tr> <td>Diferencia de pesos</td> <td>Pah-Pas</td> <td>g</td> <td>31.40</td> <td>31.60</td> <td>32.10</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td>6.70%</td> <td>6.75%</td> <td>6.86%</td> </tr> <tr> <td>Promedio de % de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">6.77%</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Símbolo	Unidad	Arena fina - Cantera Abril			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	570.20	580.40	560.50	Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	538.80	548.80	528.40	Peso de la tara	t	g	70.20	80.40	60.50	Peso del material natural	Pah	g	500.00	500.00	500.00	Peso del material seco	Pas	g	468.60	468.40	467.90	Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	31.40	31.60	32.10	% de Humedad		%	6.70%	6.75%	6.86%	Promedio de % de Humedad		%	6.77%		
Descripción	Símbolo	Unidad				Arena fina - Cantera Abril																																																					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																						
Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	570.20	580.40	560.50																																																						
Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	538.80	548.80	528.40																																																						
Peso de la tara	t	g	70.20	80.40	60.50																																																						
Peso del material natural	Pah	g	500.00	500.00	500.00																																																						
Peso del material seco	Pas	g	468.60	468.40	467.90																																																						
Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	31.40	31.60	32.10																																																						
% de Humedad		%	6.70%	6.75%	6.86%																																																						
Promedio de % de Humedad		%	6.77%																																																								

c) Análisis de la prueba

Como se puede apreciar la arena fina se encuentra más húmeda que la arena gruesa, esta tiene 6.36%, mientras q la otra 6.77%., factores que se tendrán que tener en cuenta al momento de dosificar.

3.6.4.2. Contenido de humedad natural del agregado grueso

a) Procesamiento

$$\%Humedad = \frac{Pah - Pas}{Pas} * 100$$

b) Diagramas y tablas



Tabla 62

Análisis de Humedad Natural del Agregado Grueso - Piedra Chancada

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																												
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																											
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																																											
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha:	28/05/2018																																																									
Contenido de Humedad Natural del Agregado Grueso																																																												
NTP 339.185																																																												
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th colspan="3">Piedra chancada - Cantera Candia</th> </tr> <tr> <th>Ensayo 1</th> <th>Ensayo 2</th> <th>Ensayo 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material natural</td> <td>P (t+ah)</td> <td>g</td> <td>1999.60</td> <td>1990.20</td> <td>1980.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + Peso del material seco</td> <td>P (t+as)</td> <td>g</td> <td>1994.40</td> <td>1985.20</td> <td>1975.50</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>t</td> <td>g</td> <td>434.20</td> <td>440.20</td> <td>432.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del material natural</td> <td>Pah</td> <td>g</td> <td>1565.40</td> <td>1550.00</td> <td>1548.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del material seco</td> <td>Pas</td> <td>g</td> <td>1560.20</td> <td>1545.00</td> <td>1543.40</td> </tr> <tr> <td>Diferencia de pesos</td> <td>Pah-Pas</td> <td>g</td> <td>5.20</td> <td>5.00</td> <td>4.80</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td>0.33%</td> <td>0.32%</td> <td>0.31%</td> </tr> <tr> <td>Promedio de % de Humedad</td> <td></td> <td>%</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">0.32%</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Símbolo	Unidad	Piedra chancada - Cantera Candia			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	1999.60	1990.20	1980.30	Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	1994.40	1985.20	1975.50	Peso de la tara	t	g	434.20	440.20	432.10	Peso del material natural	Pah	g	1565.40	1550.00	1548.20	Peso del material seco	Pas	g	1560.20	1545.00	1543.40	Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	5.20	5.00	4.80	% de Humedad		%	0.33%	0.32%	0.31%	Promedio de % de Humedad		%	0.32%		
Descripción	Símbolo	Unidad	Piedra chancada - Cantera Candia																																																									
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3																																																							
Peso de la tara + Peso del material natural	P (t+ah)	g	1999.60	1990.20	1980.30																																																							
Peso de la tara + Peso del material seco	P (t+as)	g	1994.40	1985.20	1975.50																																																							
Peso de la tara	t	g	434.20	440.20	432.10																																																							
Peso del material natural	Pah	g	1565.40	1550.00	1548.20																																																							
Peso del material seco	Pas	g	1560.20	1545.00	1543.40																																																							
Diferencia de pesos	Pah-Pas	g	5.20	5.00	4.80																																																							
% de Humedad		%	0.33%	0.32%	0.31%																																																							
Promedio de % de Humedad		%	0.32%																																																									

c) Análisis de la prueba

Se puede observar que el porcentaje de humedad de la piedra es muy bajo en el valor de 0.32%

3.6.5. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizará según el método DIN – 1045 (norma alemana), es una aplicación singularizada del método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

Tabla 63

Resumen - Propiedades físicas de los componentes del Concreto Ligero

Materiales	P.E (kg/m ³)	M.F	%ABS.	%HUM.
Cemento HE	2980			
Agua	1000			
Arena Gruesa	2611	3.29	2.38	6.29
Arena Fina	2611	2.02	2.82	6.34
Piedra Media	2591	6.99	1.15	0.32
Perlitas EPS	19.40			
W-84	1060			
Aire	100			

a) Procesamiento



Paso 1: Seleccionamos la resistencia de diseño

Según el comité europeo que recomienda usar la fórmula:

$$f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - t * v}$$

Donde:

- Coeficiente de variación: v
- Factor que depende del % de resultados: t

Tabla 64

Coeficiente de variación (v)seleccionado en función del grado de control

Grado de Control	Valor (%)
Laboratorio	5%
Excelente en obra	10% - 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

Fuente: Comité Europeo

Tabla 65

Factor t seleccionado que depende del % de resultados

N° Muestras	Posibilidad de caer debajo del límite inferior		
	1 en 5	1 en 10	1 en 20
1	1.376	3.078	6.314
2	1.061	1.886	2.92
3	0.978	1.638	2.353
4	0.941	1.533	2.132
5	0.92	1.476	2.015
6	0.906	1.44	1.943
7	0.896	1.415	1.895
8	0.889	1.397	1.86
9	0.883	1.383	1.838
10	0.879	1.372	1.812
15	0.866	1.341	1.753
20	0.86	1.325	1.725
25	0.856	1.316	1.708
30	0.854	1.31	1.697
>30	0.842	1.282	1.645



Fuente: Comité Europeo

Considerando para el diseño del concreto patrón;

- $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.
- Coeficiente de variación $v = 10\%$ (excelente en obra)
- Factor t para 12 muestras con una posibilidad de 1 en 20 de caer debajo del límite inferior.

Obteniendo como $f'cr = 256 \text{ kgf/cm}^2$

Paso 2: Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso

El agregado grueso escogido fue de la cantera de Vicho, porque está conformada por partículas limpias de perfil angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa, por lo cual se escogió el Tamaño Máximo Nominal – TMN = $\frac{3}{4}$ de pulgada.

Paso 3: Selección del asentamiento

Debido a que el concreto tiene que ser bombeado, este deberá tener un slump de 4" a 6", pero como el concreto es transportado en camiones mezcladores, por el tiempo antes de ser colocado en obra se estima que se incrementa a 8" a 9".

Paso 4: Selección del contenido de agua y aire atrapado

Calculamos el volumen de agua por metro cubico, según el TMN del agregado grueso y el Slump



Tabla 66
Volumen unitario de agua

Tamaño Máximo Nominal	Volumen unitario de agua, expresado en Lt/m3.					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4 "	170	189	185	204	208	227
1 "	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: (Alvarez Cangahuala)

Se puede observar que el asentamiento máximo es para 7", con el TMN de 3/4", obtenemos dos valores dependiendo del agregado grueso, si es redondeado o angular, en nuestra investigación se reemplazara en porcentajes el agregado grueso, por perlas de poliestireno expandido, las cuales son esféricas, es por esa razón que tomaremos el promedio de ambas, siendo el valor de 217.5 lt/m³.

Se considera que un aditivo reductor de agua de buena calidad debe disminuir los requisitos de agua en el orden del 8% al 10%, o más, e incrementar la resistencia significativamente para el mismo contenido de cemento. (Rivva López, 2000)

Es por esta razón que la cantidad de agua quedaría reducida a:

$$\text{Cantidad de agua} = 217.5 \frac{l}{m^3} * 0.9$$

$$\text{Cantidad de agua} = 196 \frac{l}{m^3}$$

Con el valor del tamaño máximo nominal del agregado grueso obtenemos el porcentaje de aire atrapado.



Tabla 67
Contenido de aire atrapado

TNM del agregado Grueso	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
4"	0.2

Fuente: (Torre C, 2004)

Para un TMN de 3/4", le corresponde 2% de aire atrapado.

Paso 5: Contenido de cemento

El contenido exigido de cemento debe establecerse en base a la prueba - ensayo de aptitud. De todos modos, teniendo en cuenta la protección de las armaduras contra la corrosión, dicho contenido en el hormigón armado debe ser como mínimo para 1 m³ de hormigón compactado; 280 kg. (DIN 1045, 1978)

Cabe recalcar que nos indican que se puede incrementar la cantidad de cemento, esto de acuerdo a los materiales utilizados y los ensayos de aptitud realizados.

Paso 6: Relación agua cemento

Teniendo la cantidad de agua de 196 lts, y la cantidad de cemento de 280 kg, la relación agua cemento sería el cociente de estas, así:

$$Relacion \frac{a}{c} = \frac{196}{280}$$

$$Relacion \frac{a}{c} = 0.7$$

Cálculo de la cantidad de aditivo



Para el cálculo de la cantidad de aditivo, nos remitimos a la ficha técnica del aditivo, donde nos indica que debe ser en el rango de 0.5% a 2% del peso de cemento, en esta investigación asumimos 1.5%, que nos da un valor de 4.2 kg.

Cálculo de los volúmenes absolutos

$$V_{\text{cemento}} = \frac{280 \text{ kg}}{2980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.094 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{196 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.196 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aditivo}} = \frac{4.2 \text{ kg}}{1060 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.004 \text{ m}^3$$

Lo cual nos da un volumen parcial de 0.314 m³

Paso 7: Determinación del volumen de los agregados

El volumen de agregados es de: 1-0.314=0.686 m³

En esta parte se realiza de acuerdo a las curvas sugeridas de acuerdo al TMN, buscando que se ajusten de la mejor manera y este en el lado óptimo, en nuestro caso lo óptimo era 49% agregado grueso y 51% agregado fino.

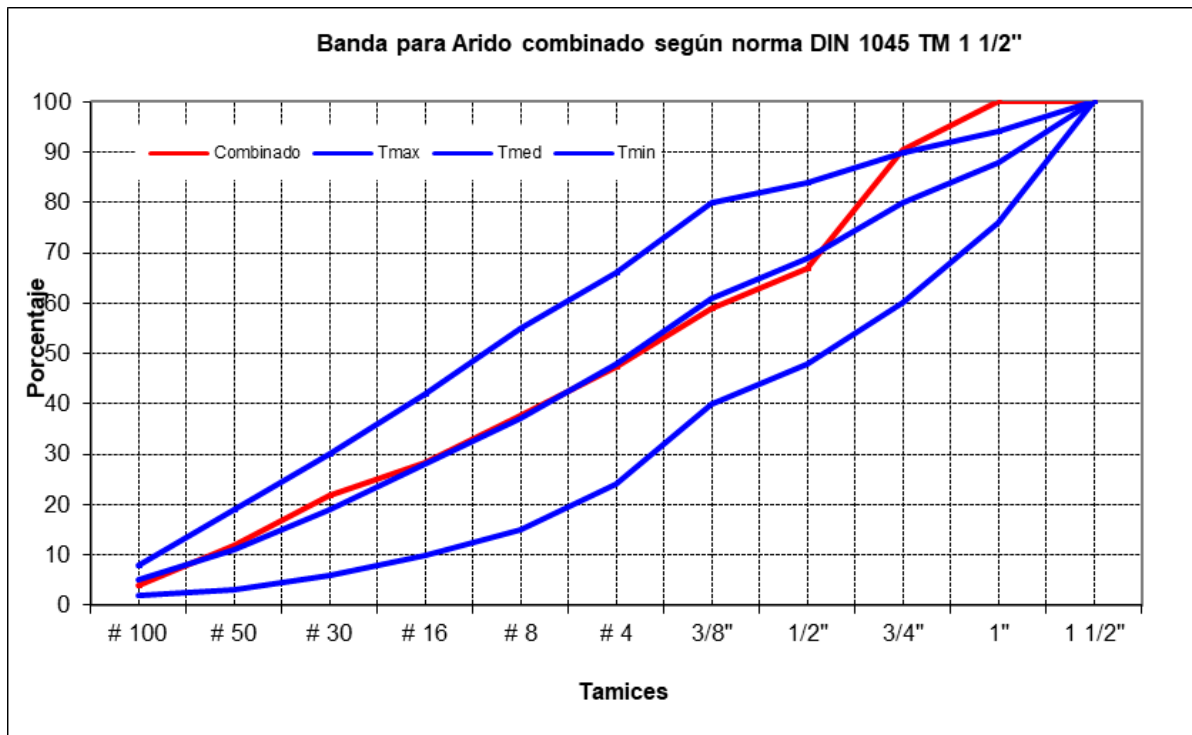


Figura 42: Combinación de Agregado fino 51% - Agregado grueso 49%

Se realizó el diseño, pero se observó que la muestra segregaba, es por eso que siguiendo las recomendaciones de la norma para el diseño DIN 1045, para una mezcla sobre gravosa, se aumenta hasta en 10% la cantidad del agregado fino, quedando el gráfico de la siguiente manera.

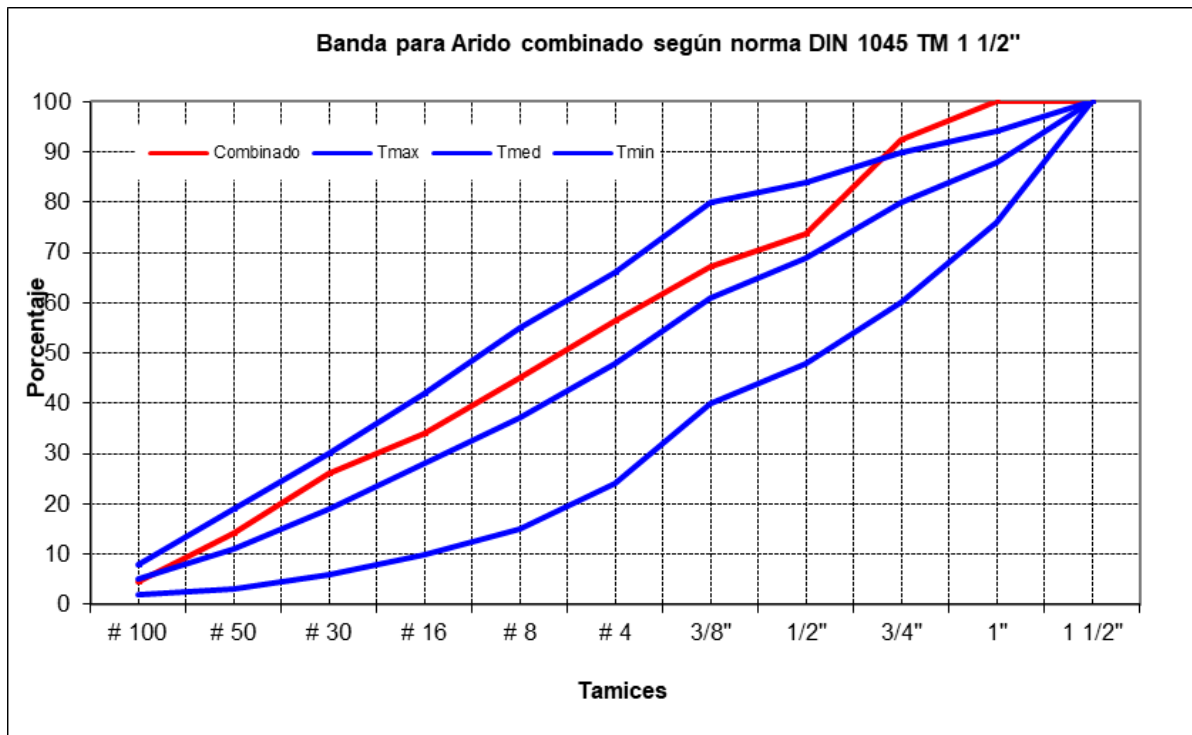


Figura 43: Combinación de Agregado fino 61% - Agregado grueso 39%

b) Diagramas y tablas

Tabla 68

Porcentaje de dosificación de Agregados y características

	%	M.F	%ABS.	%HUM.
Arena gruesa	51	3.29	2.38	6.29
Arena fina	10	2.02	2.82	6.34
Piedra media	39	6.99	1.15	0.32
Perlitas EPS	0	0.00	0.00	0.00
GLOBAL	100	4.61		



Tabla 69
Diseño de mezcla – DIN 1045

Materiales	P.E (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.s para 1m ³	Diseño correg. para 1m ³	Diseño corregido para Laboratorio
Cemento HE	2980	0.0940	280 kg	280 kg	280 kg	7.84 kg
Agua	1000	0.1960	230 L	196 kg	160 L	4.49 kg
Arena Gruesa	2611	0.3499	892 kg	914 kg	949 kg	26.56 kg
Arena Fina	2661	0.0686	178 kg	183 kg	189 kg	5.29 kg
Piedra Media	2591	0.2676	685 kg	693 kg	688 kg	19.25 kg
Perlitas EPS	19.40	0.0000	0 kg	0 kg	0 kg	0.00 kg
W-84	1060	0.0040	4.20 kg	4.20 kg	4.2 kg	117.60 gr.
0		0.0000	0 kg	0 kg	0.0 kg	0.00 gr.
Aire	100	0.0200	2.0 %	2.00 %	2.0 %	2.00 %
Total		1.00000	2270 kg	2270 kg	2270 kg	

Cabe recalcar que en dicho diseño no se utilizó toda el agua de diseño, por lo cual se tuvo que corregir el diseño, utilizándose 12.89% del agua menos, ajustando con esta cantidad, se tiene un diseño con una relación de a/c=0.65, quedando el diseño como se muestra a continuación.

Tabla 70
Diseño corregido

Materiales	P.E (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.s para 1m ³	Diseño correg. para 1m ³	Diseño corregido para Laboratorio
Cemento HE	2980	0.0940	280 kg	280 kg	280 kg	7.84 kg
Agua	1000	0.1831	218 L	183 kg	147 L	4.11 kg
Arena Gruesa	2611	0.3565	909 kg	931 kg	966 kg	27.06 kg
Arena Fina	2661	0.0699	181 kg	186 kg	192 kg	5.39 kg
Piedra Media	2591	0.2726	698 kg	706 kg	700 kg	19.61 kg
Perlitas EPS	19.40	0.0000	0 kg	0 kg	0 kg	0.00 kg
W-84	1060	0.0040	4.20 kg	4.20 kg	4.2 kg	117.60 gr.
0		0.0000	0 kg	0 kg	0.0 kg	0.00 gr.
Aire	100	0.0200	2.0 %	2.00 %	2.0 %	2.00 %
Total		1.00000	2290 kg	2290 kg	2290 kg	

c) Análisis de la prueba

Se pudo apreciar que el concreto presentaba buena apariencia, tenía el slump requerido pese a que se utilizó la cantidad de cemento mínima requerida ya que como se vio se utilizó un aditivo que nos ayudaría tanto a reducir agua, como a mantener la consistencia.

3.6.6. Consistencia

a) Procesamiento



El slump es un ensayo cuyo valor es directamente leído al momento de realizarlo.

b) Diagramas y tablas

Los valores del asentamiento fueron indicados en las tablas de toma de datos

Tabla 71
Asentamiento del hormigón - 0% EPS

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																						
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																					
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																					
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha: 26/05/2018																																				
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																						
NTP 339.035																																						
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 100% del Agregado Grueso																																					
<table border="1"> <tr> <td>Hora de Inicio:</td> <td>11:49 a. m.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>01:49 p. m.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>Hora</td> <td>Diseño</td> <td>Slump</td> <td>Observaciones</td> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>11:49 a. m.</td> <td rowspan="6" style="text-align: center;">D-0-26</td> <td>8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>12:19 p. m.</td> <td>7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>12:49 p. m.</td> <td>6 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>01:19 p. m.</td> <td>5 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>01:49 p. m.</td> <td>4 1/4 in</td> <td></td> </tr> </table>			Hora de Inicio:	11:49 a. m.				Hora de término:	01:49 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	11:49 a. m.	D-0-26	8 1/4 in		0:30	12:19 p. m.	7 1/2 in		1:00	12:49 p. m.	6 1/2 in		1:30	01:19 p. m.	5 in		2:00	01:49 p. m.	4 1/4 in	
Hora de Inicio:	11:49 a. m.																																					
Hora de término:	01:49 p. m.																																					
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																		
00:00	11:49 a. m.	D-0-26	8 1/4 in																																			
0:30	12:19 p. m.		7 1/2 in																																			
1:00	12:49 p. m.		6 1/2 in																																			
1:30	01:19 p. m.		5 in																																			
2:00	01:49 p. m.		4 1/4 in																																			



Tabla 72
Asentamiento del hormigón - 0% EPS - 25% EPS - 50% EPS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																
		Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																
		Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																																	
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia					Fecha: 28/05/2018																																												
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco																																																	
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																																		
NTP 339.035																																																		
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 100% del Agregado Grueso, relación a/c= 0.65																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">02:25 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>04:25 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <th>Tiempo</th> <th>Hora</th> <th>Diseño</th> <th colspan="2">Slump</th> <th>Observaciones</th> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>02:25 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-0-28</td> <td style="text-align: center;">8 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>02:55 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>03:25 p. m.</td> <td style="text-align: center;">6 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>03:55 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>04:25 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> </table>							Hora de Inicio:	02:25 p. m.					Hora de término:	04:25 p. m.					Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones	00:00	02:25 p. m.	D-0-28	8 1/2	in		0:30	02:55 p. m.	7 1/4	in		1:00	03:25 p. m.	6 1/4	in		1:30	03:55 p. m.	5 1/4	in		2:00	04:25 p. m.	4 1/2	in	
Hora de Inicio:	02:25 p. m.																																																	
Hora de término:	04:25 p. m.																																																	
Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones																																													
00:00	02:25 p. m.	D-0-28	8 1/2	in																																														
0:30	02:55 p. m.		7 1/4	in																																														
1:00	03:25 p. m.		6 1/4	in																																														
1:30	03:55 p. m.		5 1/4	in																																														
2:00	04:25 p. m.		4 1/2	in																																														
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 75% del Agregado Grueso, 25% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.63																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">04:36 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>06:36 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <th>Tiempo</th> <th>Hora</th> <th>Diseño</th> <th colspan="2">Slump</th> <th>Observaciones</th> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>04:36 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-1-28</td> <td style="text-align: center;">9 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>05:06 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>05:36 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>06:06 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>06:36 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 3/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> </table>							Hora de Inicio:	04:36 p. m.					Hora de término:	06:36 p. m.					Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones	00:00	04:36 p. m.	D-1-28	9 1/2	in		0:30	05:06 p. m.	8 1/4	in		1:00	05:36 p. m.	7 1/2	in		1:30	06:06 p. m.	5 1/2	in		2:00	06:36 p. m.	4 3/4	in	
Hora de Inicio:	04:36 p. m.																																																	
Hora de término:	06:36 p. m.																																																	
Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones																																													
00:00	04:36 p. m.	D-1-28	9 1/2	in																																														
0:30	05:06 p. m.		8 1/4	in																																														
1:00	05:36 p. m.		7 1/2	in																																														
1:30	06:06 p. m.		5 1/2	in																																														
2:00	06:36 p. m.		4 3/4	in																																														
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 50% del Agregado Grueso, 50% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.61																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">05:47 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>07:47 p. m.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <th>Tiempo</th> <th>Hora</th> <th>Diseño</th> <th colspan="2">Slump</th> <th>Observaciones</th> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>05:47 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-2-28</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>06:17 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>06:47 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>07:17 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/4</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>07:47 p. m.</td> <td style="text-align: center;">4 1/2</td> <td style="text-align: center;">in</td> <td></td> </tr> </table>							Hora de Inicio:	05:47 p. m.					Hora de término:	07:47 p. m.					Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones	00:00	05:47 p. m.	D-2-28	9	in		0:30	06:17 p. m.	8 1/4	in		1:00	06:47 p. m.	7	in		1:30	07:17 p. m.	5 1/4	in		2:00	07:47 p. m.	4 1/2	in	
Hora de Inicio:	05:47 p. m.																																																	
Hora de término:	07:47 p. m.																																																	
Tiempo	Hora	Diseño	Slump		Observaciones																																													
00:00	05:47 p. m.	D-2-28	9	in																																														
0:30	06:17 p. m.		8 1/4	in																																														
1:00	06:47 p. m.		7	in																																														
1:30	07:17 p. m.		5 1/4	in																																														
2:00	07:47 p. m.		4 1/2	in																																														



Tabla 73
Asentamiento del hormigón - 75% EPS - 100% EPS

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																							
Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																								
Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																								
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																							
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																							
Laboratorio:	Laboratorio Kallpa Mix Cusco	Fecha:	29/05/2018																																					
Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams																																								
NTP 339.035																																								
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 25% del Agregado Grueso, 75% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.59																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">03:21 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>05:21 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Tiempo</th> <th style="width: 15%;">Hora</th> <th style="width: 15%;">Diseño</th> <th style="width: 15%;">Slump</th> <th style="width: 40%;">Observaciones</th> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>03:21 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-1-29</td> <td style="text-align: center;">9 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>03:51 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>04:21 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>04:51 p. m.</td> <td style="text-align: center;">6 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>05:21 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 1/2 in</td> <td></td> </tr> </table>					Hora de Inicio:	03:21 p. m.				Hora de término:	05:21 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	03:21 p. m.	D-1-29	9 1/4 in		0:30	03:51 p. m.	8 1/4 in		1:00	04:21 p. m.	7 1/2 in		1:30	04:51 p. m.	6 1/4 in		2:00	05:21 p. m.	5 1/2 in	
Hora de Inicio:	03:21 p. m.																																							
Hora de término:	05:21 p. m.																																							
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																				
00:00	03:21 p. m.	D-1-29	9 1/4 in																																					
0:30	03:51 p. m.		8 1/4 in																																					
1:00	04:21 p. m.		7 1/2 in																																					
1:30	04:51 p. m.		6 1/4 in																																					
2:00	05:21 p. m.		5 1/2 in																																					
Observaciones:	Mezcla con buena trabajabilidad aparente, no segrega, no exuda, buena mantención del slump, 0% del Agregado Grueso, 100% Perlas de Poliestireno Expandido, relación a/c= 0.57																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Hora de Inicio:</td> <td style="width: 15%;">04:30 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Hora de término:</td> <td>06:30 p. m.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Tiempo</th> <th style="width: 15%;">Hora</th> <th style="width: 15%;">Diseño</th> <th style="width: 15%;">Slump</th> <th style="width: 40%;">Observaciones</th> </tr> <tr> <td>00:00</td> <td>04:30 p. m.</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">D-2-29</td> <td style="text-align: center;">9 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0:30</td> <td>05:00 p. m.</td> <td style="text-align: center;">8 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:00</td> <td>05:30 p. m.</td> <td style="text-align: center;">7 1/2 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:30</td> <td>06:00 p. m.</td> <td style="text-align: center;">6 1/4 in</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2:00</td> <td>06:30 p. m.</td> <td style="text-align: center;">5 3/4 in</td> <td></td> </tr> </table>					Hora de Inicio:	04:30 p. m.				Hora de término:	06:30 p. m.				Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones	00:00	04:30 p. m.	D-2-29	9 1/2 in		0:30	05:00 p. m.	8 1/2 in		1:00	05:30 p. m.	7 1/2 in		1:30	06:00 p. m.	6 1/4 in		2:00	06:30 p. m.	5 3/4 in	
Hora de Inicio:	04:30 p. m.																																							
Hora de término:	06:30 p. m.																																							
Tiempo	Hora	Diseño	Slump	Observaciones																																				
00:00	04:30 p. m.	D-2-29	9 1/2 in																																					
0:30	05:00 p. m.		8 1/2 in																																					
1:00	05:30 p. m.		7 1/2 in																																					
1:30	06:00 p. m.		6 1/4 in																																					
2:00	06:30 p. m.		5 3/4 in																																					



Figura 44: Asentamiento del hormigón

c) Análisis de la prueba

Se realizó el diseño pensando en una mezcla plástica, debido a que es mucho mejor su trabajabilidad y colocación en obra, también se realizó la prueba de mantención por 2 horas, tiempo promedio que un concreto bombeable debería ser vertido, para lo cual este concreto al ser bombeable debe tener un slump de 4 a 6 pulg., a las 2 horas, cumpliendo este requisito satisfactoriamente.

3.6.7. Densidad (peso unitario), rendimiento

a) Procesamiento

Para calcular la densidad (peso unitario – peso volumétrico) y rendimiento usaremos las siguientes formulas:

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

$$R = \frac{M}{D}$$

Siendo:

- Masa recipiente + hormigón: Mc
- Masa del recipiente: Mm



- Volumen de la medida: Vm
- Densidad (Peso Unitario): D
- Masa total de diseño: M
- Rendimiento: R

Tabla 74

Densidad - Rendimiento del Concreto Patrón

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																						
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																						
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																						
	Fecha:	27/05/2018																																					
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																																							
NTP 339.046																																							
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/>																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Código de Diseño:</th> <th rowspan="2">D-0-26</th> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>Símbolo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc</td> <td>8955</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm</td> <td>2560</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm</td> <td>0.0028</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad (Peso Unitario):</td> <td>D (Kg/m³)</td> <td>2284</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa total de diseño:</td> <td>M</td> <td>2290</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rendimiento:</td> <td>R</td> <td>1.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Código de Diseño:		D-0-26			Descripción	Símbolo	Masa recipiente + hormigon:	Mc	8955			Masa del recipiente:	Mm	2560			Volumen de la medida:	Vm	0.0028			Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	2284			Masa total de diseño:	M	2290			Rendimiento:	R	1.00		
Código de Diseño:		D-0-26																																					
Descripción	Símbolo																																						
Masa recipiente + hormigon:	Mc	8955																																					
Masa del recipiente:	Mm	2560																																					
Volumen de la medida:	Vm	0.0028																																					
Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	2284																																					
Masa total de diseño:	M	2290																																					
Rendimiento:	R	1.00																																					



Tabla 75

Densidad - Rendimiento de los diseños D-0-28 D-1-28 D-2-28

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																									
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																									
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																									
	Fecha:	30/05/2018																																								
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																																										
NTP 339.046																																										
Observaciones: _____ _____ _____																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Código de Diseño:</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 15%;">D-0-28</th> <th style="width: 15%;">D-1-28</th> <th style="width: 15%;">D-2-28</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc</td> <td style="text-align: center;">8890</td> <td style="text-align: center;">8350</td> <td style="text-align: center;">7910</td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> </tr> <tr> <td>Densidad (Peso Unitario):</td> <td>D (Kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">2261</td> <td style="text-align: center;">2068</td> <td style="text-align: center;">1911</td> </tr> <tr> <td>Masa total de diseño:</td> <td>M</td> <td style="text-align: center;">2290</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">1953</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento:</td> <td>R</td> <td style="text-align: center;">1.01</td> <td style="text-align: center;">1.03</td> <td style="text-align: center;">1.02</td> </tr> </tbody> </table>					Código de Diseño:			Descripción	Símbolo	D-0-28	D-1-28	D-2-28	Masa recipiente + hormigon:	Mc	8890	8350	7910	Masa del recipiente:	Mm	2560	2560	2560	Volumen de la medida:	Vm	0.0028	0.0028	0.0028	Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	2261	2068	1911	Masa total de diseño:	M	2290	2124	1953	Rendimiento:	R	1.01	1.03	1.02
		Código de Diseño:																																								
Descripción	Símbolo	D-0-28	D-1-28	D-2-28																																						
Masa recipiente + hormigon:	Mc	8890	8350	7910																																						
Masa del recipiente:	Mm	2560	2560	2560																																						
Volumen de la medida:	Vm	0.0028	0.0028	0.0028																																						
Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	2261	2068	1911																																						
Masa total de diseño:	M	2290	2124	1953																																						
Rendimiento:	R	1.01	1.03	1.02																																						

Tabla 76

Densidad - Rendimiento de los diseños D-1-29 D-2-29

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																	
Tesis:	" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"																																	
Responsable:	Bach. Enmanuel Figueroa Garcia																																	
	Fecha:	30/05/2018																																
Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento																																		
NTP 339.046																																		
Observaciones: _____ _____ _____																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Código de Diseño:</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 15%;">D-1-29</th> <th style="width: 15%;">D-2-29</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa recipiente + hormigon:</td> <td>Mc</td> <td style="text-align: center;">7420</td> <td style="text-align: center;">6810</td> </tr> <tr> <td>Masa del recipiente:</td> <td>Mm</td> <td style="text-align: center;">2560</td> <td style="text-align: center;">2560</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la medida:</td> <td>Vm</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> <td style="text-align: center;">0.0028</td> </tr> <tr> <td>Densidad (Peso Unitario):</td> <td>D (Kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">1736</td> <td style="text-align: center;">1518</td> </tr> <tr> <td>Masa total de diseño:</td> <td>M</td> <td style="text-align: center;">1780</td> <td style="text-align: center;">1604</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento:</td> <td>R</td> <td style="text-align: center;">1.03</td> <td style="text-align: center;">1.06</td> </tr> </tbody> </table>					Código de Diseño:		Descripción	Símbolo	D-1-29	D-2-29	Masa recipiente + hormigon:	Mc	7420	6810	Masa del recipiente:	Mm	2560	2560	Volumen de la medida:	Vm	0.0028	0.0028	Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	1736	1518	Masa total de diseño:	M	1780	1604	Rendimiento:	R	1.03	1.06
		Código de Diseño:																																
Descripción	Símbolo	D-1-29	D-2-29																															
Masa recipiente + hormigon:	Mc	7420	6810																															
Masa del recipiente:	Mm	2560	2560																															
Volumen de la medida:	Vm	0.0028	0.0028																															
Densidad (Peso Unitario):	D (Kg/m ³)	1736	1518																															
Masa total de diseño:	M	1780	1604																															
Rendimiento:	R	1.03	1.06																															



Figura 45: Ensayos de Densidad y rendimiento del concreto

b) Análisis de la prueba

Se puede observar que dicha prueba nos muestra que el rendimiento del concreto patrón es exacto tal cual el diseño, a medida que se incrementa el poliestireno expandido, se puede observar que el rendimiento se aleja del 100%, esto debido a la poca densidad del poliestireno expandido, lo cual hace difícil calcular su masa para agregarlo a la mezcla, cabe recalcar que para los diseños con porcentajes de perlas de poliestireno expandido, se tuvo una retención de agua, la cual se fue actualizando en los diseños.



3.6.8. Resistencia a la compresión

a) Procesamiento

Una vez se tengan los datos se procede a realizar los cálculos teniendo cuidado que las unidades sean consistentes, para lo cual utilizamos las siguientes formulas:

$$Dp = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$\text{Diámetro Promedio} = D = \frac{Dp \text{ superior} + Dp \text{ inferior}}{2}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Fc = \frac{F}{A}$$

$$Rc \text{ Promedio} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X \text{ Promedio})^2}{n - 1}}$$

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S}{\text{Promedio}}$$



b) Diagramas y tablas

Tabla 77
Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-26


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad	Diametro (cm)			Altura (cm)	Fuerza (kN)	Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estandar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variacion Cof. V
		Ø inferior	Ø superior	Ø promedio			Fc (kgf/cm ²)	%			
	0	Di	Ds	D promedio	h promedio						
D-0-26	7	10.04	10.13	10.09	20.33	165.10	210.76	100.4%	218.69	4.16	1.90%
	7	10.08	10.12	10.10	20.37	172.20	219.17	104.4%			
	7	10.08	10.13	10.10	20.40	170.80	217.39	103.5%			
	7	10.05	10.09	10.07	20.28	171.80	219.97	104.7%			
	7	10.07	10.07	10.07	20.32	171.00	219.05	104.3%			
	7	10.05	10.09	10.07	20.29	171.50	219.69	104.6%			
	7	10.04	10.09	10.06	20.35	164.50	211.04	100.5%			
	7	10.07	10.07	10.07	20.49	173.80	222.75	106.1%			
	7	10.04	10.13	10.08	20.34	171.70	219.29	104.4%			
	7	10.03	10.06	10.05	20.44	174.30	224.28	106.8%			
D-0-26	28	10.09	10.04	10.06	20.32	195.60	250.81	119.4%	261.58	7.71	2.95%
	28	10.03	10.11	10.07	20.35	204.30	261.71	124.6%			
	28	10.07	10.12	10.09	20.53	210.80	268.70	128.0%			
	28	10.06	10.13	10.10	20.40	209.10	266.40	126.9%			
	28	10.04	10.10	10.07	20.44	198.30	254.02	121.0%			
	28	10.07	10.07	10.07	20.36	210.10	269.27	128.2%			
	28	10.05	10.13	10.09	20.29	207.70	265.01	126.2%			
	28	10.01	10.13	10.07	20.36	200.00	256.33	122.1%			
	28	10.06	10.07	10.06	20.38	195.90	251.20	119.6%			
	28	10.01	10.13	10.07	20.33	199.00	254.79	121.3%			
28	10.07	10.07	10.07	20.42	210.60	269.91	128.5%				
28	10.02	10.12	10.07	20.49	211.40	270.80	129.0%				



Tabla 78
Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-0-28



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad Días	Diámetro (cm)			Altura (cm)		Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estandar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variacion Cof. V
		∅ inferior	∅ superior	∅ promedio	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión					
		Di	Ds	D promedio	h promedio	Fc (Kgf/cm ²)	%				
D-0-28	7	10.06	10.10	10.08	20.32	169.30	216.44	103.1%	218.13	3.42	1.57%
	7	10.08	10.08	10.08	20.35	166.40	212.84	101.4%			
	7	10.09	10.15	10.12	20.46	171.30	217.27	103.5%			
	7	10.07	10.15	10.11	20.30	169.30	215.27	102.5%			
	7	10.07	10.12	10.09	20.39	172.60	220.01	104.8%			
	7	10.07	10.11	10.09	20.41	171.10	218.42	104.0%			
	7	10.07	10.14	10.11	20.43	176.80	224.80	107.0%			
	7	10.03	10.14	10.08	20.55	170.40	217.74	103.7%			
D-0-28	7	10.07	10.13	10.10	20.50	173.10	220.42	105.0%	262.59	6.75	2.57%
	28	10.05	10.13	10.09	20.31	205.10	261.82	124.7%			
	28	10.08	10.12	10.10	20.27	199.20	253.66	120.8%			
	28	10.07	10.13	10.10	20.42	204.00	259.77	123.7%			
	28	10.06	10.07	10.06	20.49	210.30	269.66	128.4%			
	28	10.06	10.07	10.06	20.35	210.50	270.05	128.6%			
	28	10.05	10.11	10.08	20.36	206.00	263.36	125.4%			
	28	10.08	10.04	10.06	20.41	196.10	251.58	119.8%			
28	10.03	10.02	10.03	20.52	204.30	263.93	125.7%				
28	10.07	10.12	10.09	20.51	211.40	269.46	128.3%				



Tabla 79
Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-28



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa García											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad Días	Diámetro (cm)			Altura (cm)		Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estandar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variacion Cof. V
		∅ inferior	∅ superior	∅ promedio	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión					
		Di	Ds	D promedio	h promedio	Fc (Kgf/cm ²)	%				
D-1-28	7	10.03	10.13	10.08	20.37	114.60	146.44	69.7%	146.34	4.41	3.01%
	7	10.06	10.09	10.07	20.39	111.40	142.56	67.9%			
	7	10.03	10.10	10.07	20.34	115.60	148.16	70.6%			
	7	10.00	10.14	10.07	20.42	112.80	144.42	68.8%			
	7	10.04	10.14	10.09	20.28	113.30	144.56	68.8%			
	7	10.03	10.06	10.04	20.36	112.50	144.90	69.0%			
	7	10.08	10.12	10.10	20.27	110.60	140.77	67.0%			
	7	10.04	10.03	10.04	20.37	116.00	149.56	71.2%			
D-1-28	28	10.05	10.12	10.08	20.37	132.80	169.61	80.8%	167.63	5.69	3.40%
	28	10.09	10.13	10.11	20.43	125.80	159.95	76.2%			
	28	10.03	10.06	10.05	20.36	127.40	163.93	78.1%			
	28	10.01	10.09	10.05	20.52	129.90	167.15	79.6%			
	28	10.07	10.17	10.12	20.31	131.20	166.33	79.2%			
	28	10.09	10.06	10.07	20.37	129.30	165.47	78.8%			
	28	10.01	10.12	10.06	20.23	135.20	173.45	82.6%			
	28	10.06	10.09	10.08	20.39	139.90	178.94	85.2%			
28	10.06	10.12	10.09	20.35	128.40	163.83	78.0%				



Tabla 80
Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-28



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa García											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad Días	Diámetro (cm)			Altura (cm)		Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estándar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variación Cof. V
		∅ inferior Di	∅ superior Ds	∅ promedio D promedio	h promedio	Fuerza (KN)	Fc (Kgf/cm ²)	%			
D-2-28	7	10.04	10.12	10.08	20.35	89.20	114.04	54.3%	108.62	4.40	4.05%
	7	10.06	10.11	10.08	20.36	86.70	110.73	52.7%			
	7	10.01	10.10	10.05	20.37	79.30	101.89	48.5%			
	7	10.05	10.06	10.05	20.32	79.40	102.01	48.6%			
	7	10.04	10.13	10.08	20.32	88.30	112.78	53.7%			
	7	10.06	10.10	10.08	20.42	86.80	111.02	52.9%			
	7	10.06	10.12	10.09	20.44	83.00	105.95	50.5%			
	7	10.03	10.14	10.09	20.45	85.70	109.40	52.1%			
D-2-28	28	10.04	10.08	10.06	20.37	105.10	134.97	64.3%	132.10	5.08	3.85%
	28	10.05	10.12	10.09	20.34	103.20	131.74	62.7%			
	28	10.09	10.10	10.09	20.33	99.90	127.40	60.7%			
	28	10.03	10.13	10.08	20.38	102.00	130.40	62.1%			
	28	10.02	10.05	10.04	20.39	100.40	129.45	61.6%			
	28	10.07	10.02	10.04	20.46	98.90	127.32	60.6%			
	28	10.06	10.11	10.08	20.29	100.00	127.78	60.8%			
	28	10.06	10.16	10.11	20.27	109.10	138.65	66.0%			
	28	10.05	10.10	10.07	20.47	110.30	141.15	67.2%			



Tabla 81
Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-1-29



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad Días	Diámetro (cm)			Altura (cm) h promedio	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estándar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variación Cof. V
		∅ inferior Di	∅ superior Ds	∅ promedio D promedio			Fc (Kgf/cm ²)	%			
D-1-29	7	10.01	10.06	10.04	20.43	59.70	76.97	36.7%	76.83	3.55	4.62%
	7	10.09	10.10	10.09	20.47	60.20	76.73	36.5%			
	7	10.08	10.12	10.10	20.23	61.40	78.19	37.2%			
	7	10.04	10.13	10.08	20.33	58.90	75.26	35.8%			
	7	10.04	10.13	10.08	20.44	64.10	81.87	39.0%			
	7	10.01	10.14	10.08	20.27	62.70	80.20	38.2%			
	7	10.04	10.13	10.08	20.43	54.40	69.48	33.1%			
	7	10.06	10.07	10.06	20.40	58.30	74.76	35.6%			
D-1-29	28	10.07	10.12	10.09	20.22	84.40	107.58	51.2%	100.63	4.18	4.16%
	28	10.08	10.12	10.10	20.45	78.90	100.52	47.9%			
	28	10.08	10.06	10.07	20.45	73.70	94.41	45.0%			
	28	10.02	10.15	10.09	20.41	75.90	96.89	46.1%			
	28	10.01	10.10	10.05	20.28	77.20	99.24	47.3%			
	28	10.04	10.14	10.09	20.49	76.90	98.12	46.7%			
	28	10.03	10.07	10.05	20.29	82.40	105.97	50.5%			
	28	10.05	10.07	10.06	20.50	78.60	100.84	48.0%			
	28	10.05	10.06	10.05	20.36	79.40	102.07	48.6%			



Tabla 82

Análisis - Resistencia a la compresión – Diseño D-2-29

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil											
Tesis: " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"											
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa García											
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas											
NTP 339.034											
Código de diseño	Edad Días	Diámetro (cm)			Altura (cm) h promedio	Fuerza (KN)	Resistencia a la compresión		Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)	Desviación estándar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variación Cof. V
		∅ inferior Di	∅ superior Ds	∅ promedio D promedio			Fc (Kgf/cm ²)	%			
		D-2-29	7	10.10	10.09	10.09	20.49	29.80	38.00	18.1%	36.69
7	10.03		10.13	10.08	20.41	28.60	36.56	17.4%			
7	10.07		10.10	10.08	20.29	28.40	36.27	17.3%			
7	10.10		10.09	10.09	20.32	29.60	37.73	18.0%			
7	10.04		10.13	10.09	20.36	29.30	37.40	17.8%			
7	10.03		10.10	10.06	20.21	29.40	37.70	18.0%			
7	10.05		10.03	10.04	20.43	25.20	32.47	15.5%			
7	10.06		10.16	10.11	20.38	30.60	38.87	18.5%			
D-2-29	28	10.04	10.11	10.08	20.50	41.80	53.47	25.5%	51.41	3.14	6.11%
	28	10.06	10.09	10.07	20.26	36.30	46.45	22.1%			
	28	10.06	10.12	10.09	20.34	44.10	56.27	26.8%			
	28	10.04	10.08	10.06	20.46	38.30	49.18	23.4%			
	28	10.06	10.11	10.08	20.38	40.40	51.60	24.6%			
	28	10.06	10.11	10.08	20.42	37.80	48.30	23.0%			
	28	10.03	10.09	10.06	20.31	40.70	52.24	24.9%			
	28	10.05	10.13	10.09	20.39	42.80	54.64	26.0%			
28	10.04	10.08	10.06	20.34	39.40	50.55	24.1%				

Tabla 83

Resumen de la Resistencia a la Compresión

	7 días	28 días	Desviación Estándar S (kgf/cm ²)	Coeficiente de variación Cof. V.
	Resistencia Promedio	Resistencia Promedio		
	(Kgf/cm ²)	(Kgf/cm ²)		
D-0-26	218.69	261.58	7.71	2.95%
D-0-28	218.13	262.59	6.75	2.57%
D-1-28	146.34	167.63	5.69	3.40%
D-2-28	108.62	132.10	5.08	3.85%
D-1-29	76.83	100.63	4.18	4.16%
D-2-29	36.69	51.41	3.14	6.11%

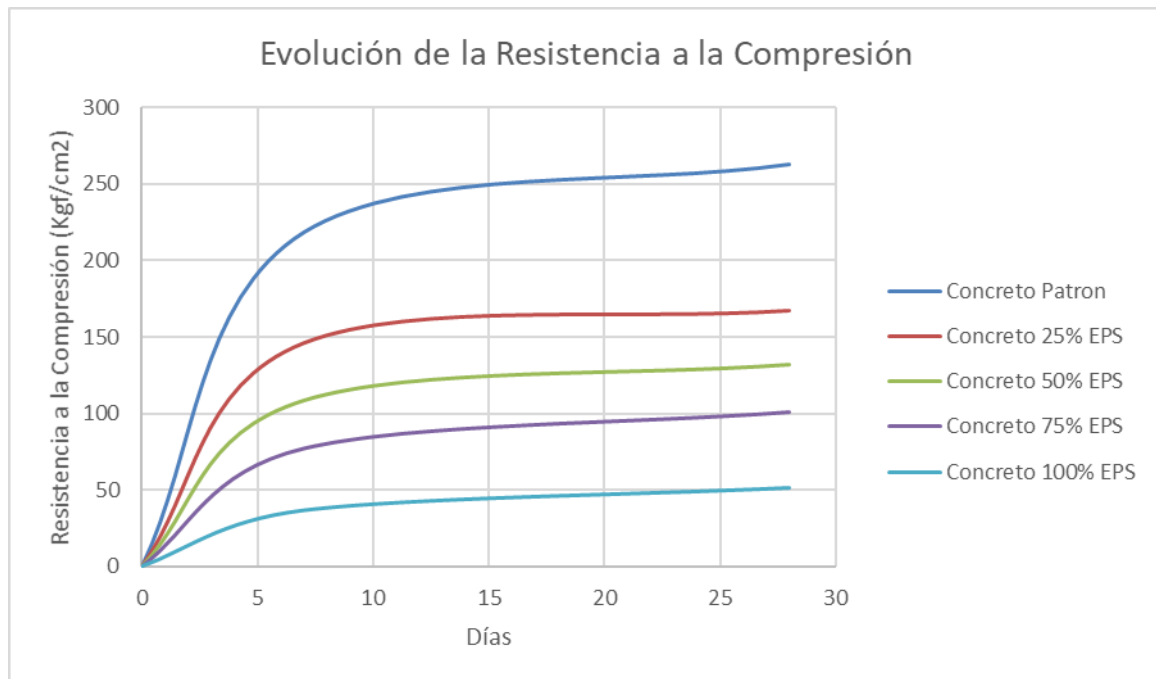


Figura 46: Evolución de la Resistencia a la Compresión

c) Análisis de la prueba

La resistencia a la compresión obtenida del concreto patrón fue de 262.59 kgf/cm² a un tiempo de curado de 28 días y una desviación estándar de 6.75 kgf/cm², es el esperado, ya que se obtuvo este diseño con aditivo reductor de agua.

La primera variación, es decir reemplazando el 25% del Agregado Grueso por perlas de Poliestireno Expandido en volumen para no variar el rendimiento del hormigón, nos da una resistencia promedio de 167 Kgf/cm² a los 28 días con una desviación estándar de 5.69 Kgf/cm².

La segunda variación, reemplazando el 50% del Agregado Grueso por perlas de Poliestireno Expandido en volumen, nos da una resistencia promedio de 132 Kgf/cm² a los 28 días con una desviación estándar de 5.08 Kgf/cm².

La tercera variación, reemplazando el 75% del Agregado Grueso por perlas de Poliestireno Expandido en volumen, nos da una resistencia promedio de 100.63 Kgf/cm² a los 28 días con una desviación estándar de 4.18 Kgf/cm².



La cuarta variación, reemplazando el 100% del Agregado Grueso por perlas de Poliestireno Expandido en volumen, nos da una resistencia a la compresión promedio de 51.41 Kg/cm² a los 28 días con una desviación estándar de 3.14 Kg/cm² y un coeficiente de variación de 6.11%.

Como era de esperar la resistencia baja a medida que el agregado grueso es reemplazado por las perlas de poliestireno expandido, se puede apreciar también que el coeficiente de variación es mayor mientras menor sean los valores de resistencia a la compresión, esto debido a que pequeñas variaciones representan mayores porcentajes de estos.

Tabla 84
Resistencia a la compresión - densidad

		7 días		28 días	
		Resistencia Promedio	Densidad Promedio	Resistencia Promedio	Densidad Promedio
		(Kg/cm ²)	(Kg/m ³)	(Kg/cm ²)	(Kg/m ³)
D-0-26	100% AG	218.69	2,438.84	261.58	2,410.78
D-0-28	100% AG	218.13	2,421.81	262.59	2,377.34
D-1-28	75% AG - 25% EPS	146.34	2,223.98	167.63	2,230.60
D-2-28	50% AG - 50% EPS	108.62	2,052.35	132.10	2,042.46
D-1-29	25% AG - 75% EPS	76.83	1,884.72	100.63	1,850.30
D-2-29	0% AG - 100% EPS	36.69	1,624.48	51.41	1,630.79

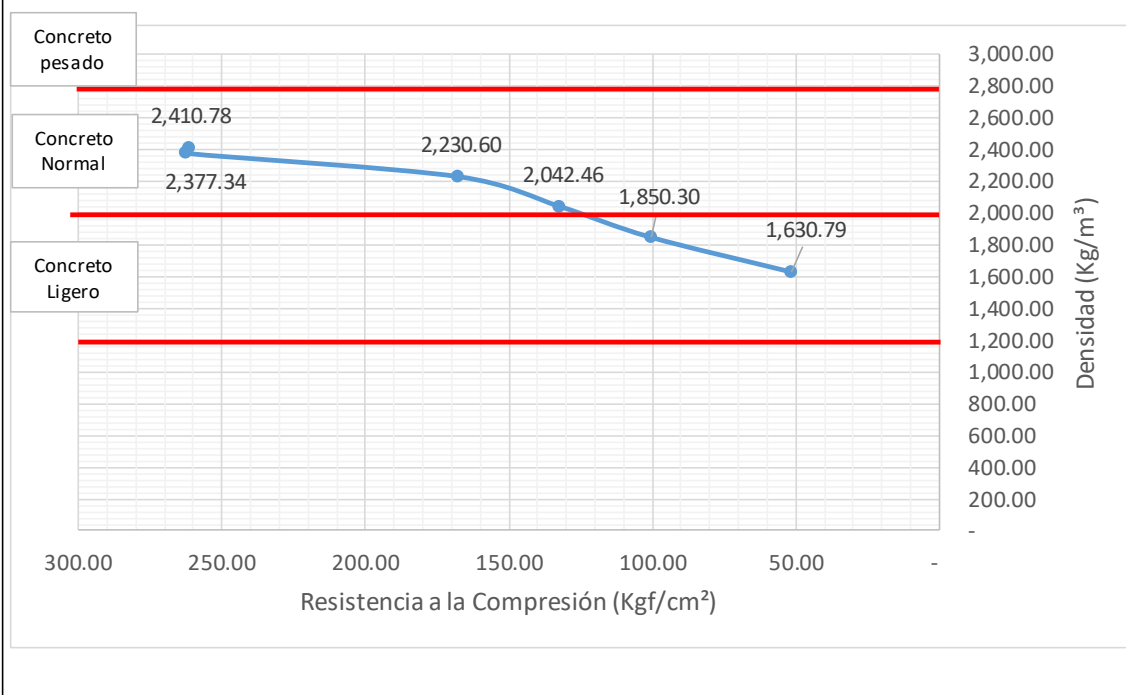
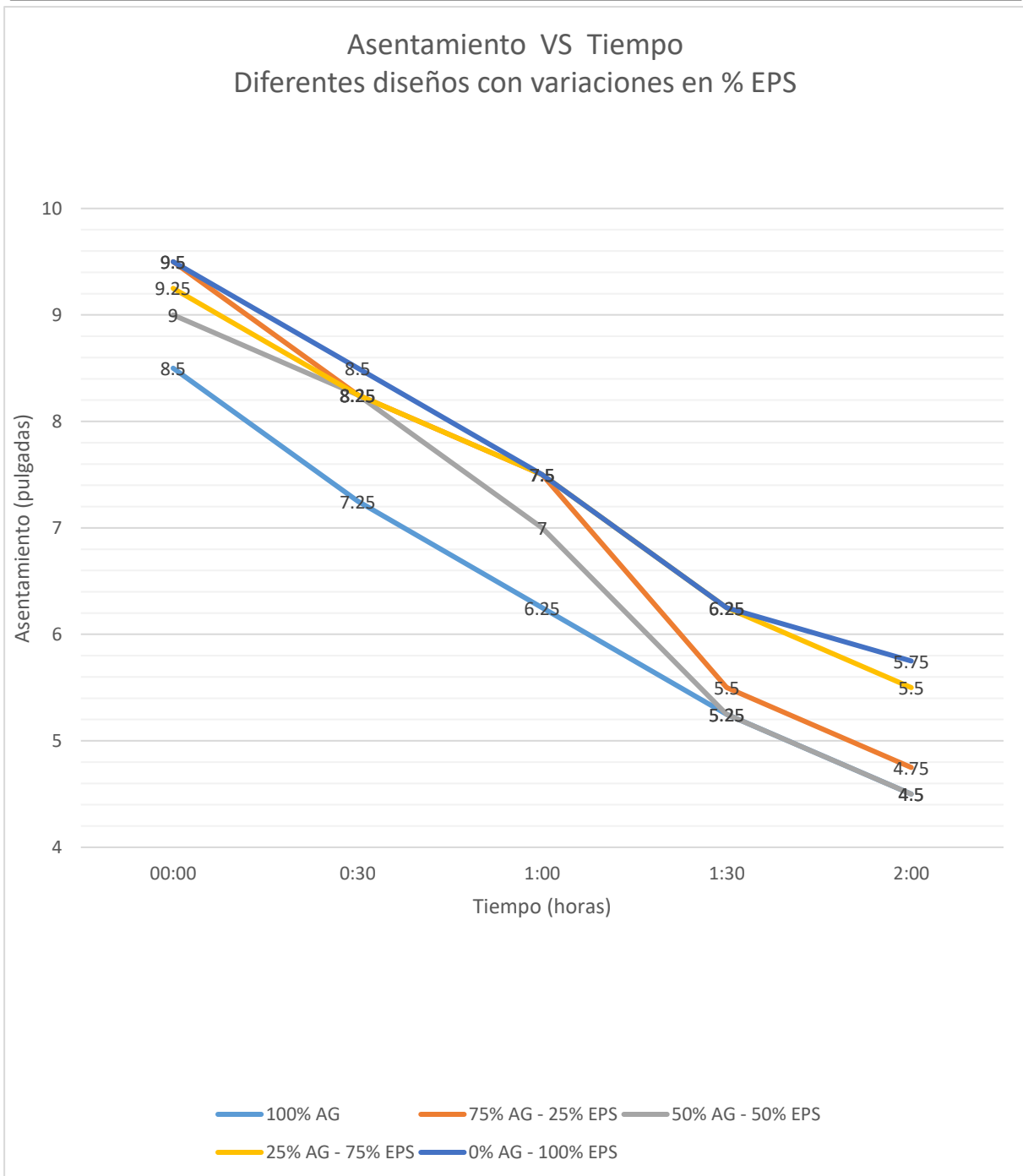




Tabla 85
Asentamiento Vs Tiempo de los diferentes diseños (variaciones % EPS)

		Tiempo (horas)	00:00	0:30	1:00	1:30	2:00	R: a/c
D-0-28	100% AG	Asentamiento (pulgadas)	8.5	7.25	6.25	5.25	4.5	0.65
D-1-28	75% AG - 25% EPS		9.5	8.25	7.5	5.5	4.75	0.63
D-2-28	50% AG - 50% EPS		9	8.25	7	5.25	4.5	0.61
D-1-29	25% AG - 75% EPS		9.25	8.25	7.5	6.25	5.5	0.59
D-2-29	0% AG - 100% EPS		9.5	8.5	7.5	6.25	5.75	0.57





Capítulo IV: Resultados

El agregado fino para concreto debe ser aquel cuyos módulos de fineza oscilan en un rango de 2.3 a 3.1, en nuestro caso con una mezcla de 16% de Arena Fina y 84% de Arena gruesa se obtuvo un Agregado fino que se adapta mejor a la curva del grupo M, es decir pertenece al grupo de las arenas intermedias cuyo módulo de fineza de esta combinación es de 3.09%. (p. 108)

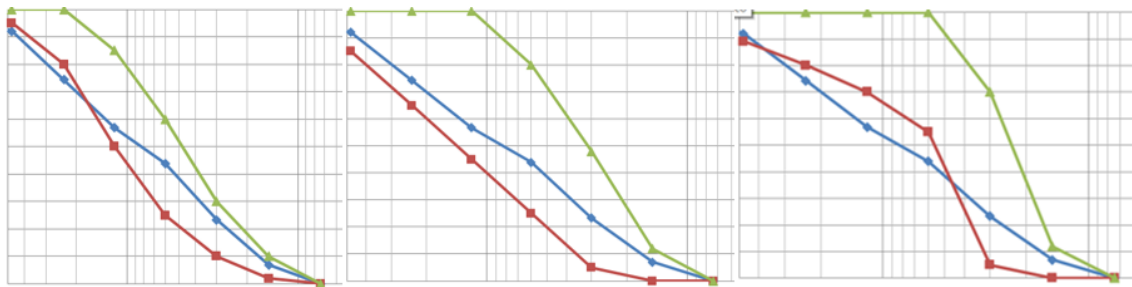


Figura 47: Análisis del Agregado Fino frente de las curvas de los grupos C-M-F

En el análisis del agregado grueso, se tiene un agregado de ½”, siendo en realidad un agregado con tamaño máximo de 1” y un tamaño máximo nominal de ¾”, es por eso si se somete a los límites de la ASTM, pertenece a un Huso 57. (p. 111)

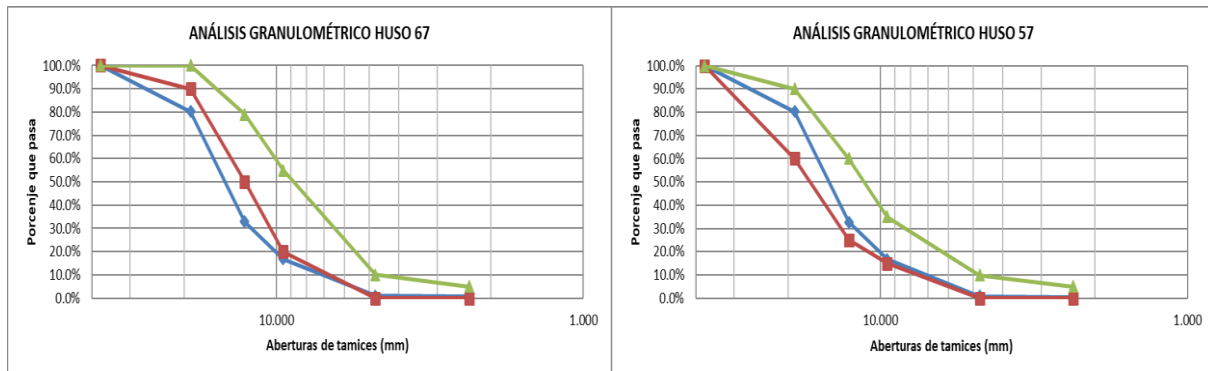


Figura 48: Análisis del Agregado Grueso – Huso 67 - Huso 57

El peso específico del EPS se calculó con una balanza cuya precisión era del 0.01 gr, obteniendo un peso específico de 19.4 Kg/m³, la absorción no fue necesaria hallarla por ser un material aislante que no absorbe agua. (p. ¡Error! Marcador no definido.)

La arena fina tiene mayor porcentaje de fino que la arena gruesa, eso debe ser a la presencia de lluvias y contar la arena con material fino, caso contrario la arena gruesa zarandeada cuenta con



menos finos quizás por ser zarandeada en lugares con fuerte corriente de viento que ayudan a mejorar dicha característica.

La consistencia medida con ayuda del cono de Abrans, se planteó tenerla inicialmente elevada para que posteriormente a las dos horas se tenga un slump en parámetros de bombeabilidad del concreto, es decir entre 4” y 6”, además por ser un concreto ligero con presencia de perlas de EPS será aún más fácil su bombeo. (p. **¡Error! Marcador no definido.-¡Error! Marcador no definido.**)

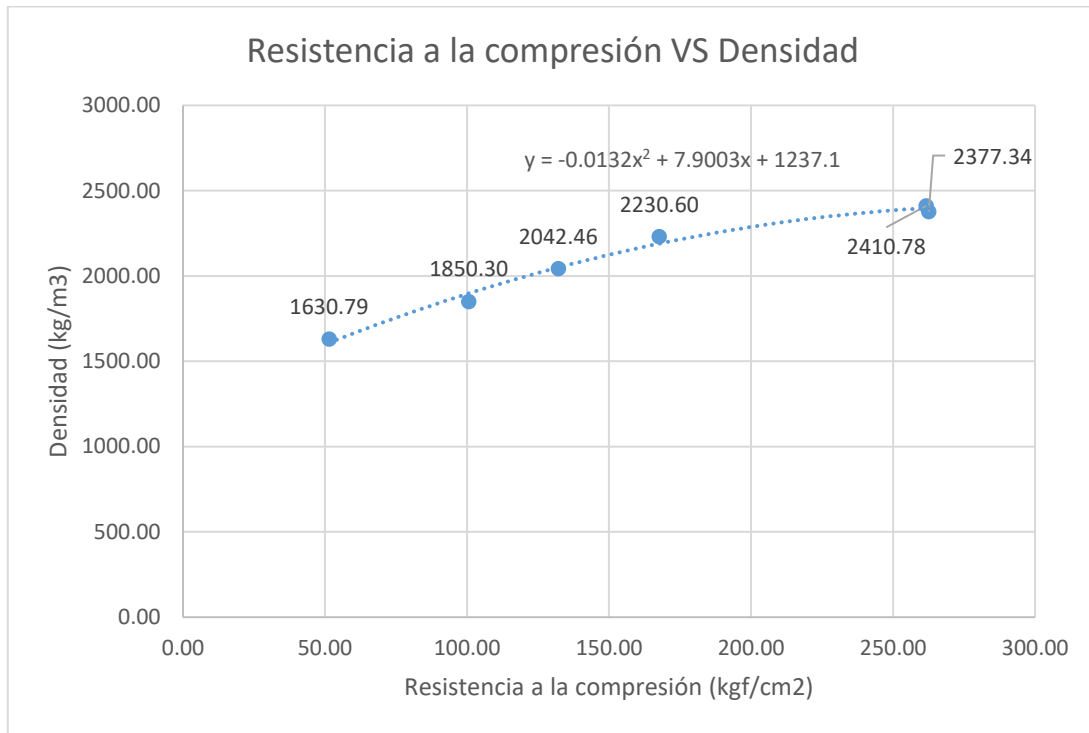
El rendimiento se pudo apreciar que se encuentra en el rango de lo aceptable esto por tener cuidado en la dosificación ya que se realizó en un laboratorio y por peso como es una planta de concreto con un control alto de los suministros y del carguío.

La resistencia del concreto patrón supera la de diseño, como era de esperarse y también las resistencias con inclusión de EPS son menores mientras más EPS se incrementa y por ende pesan menos (menor densidad).

Tabla 86
Resistencia a la Compresión – Densidad – Valores de la Norma

		7 días		28 días	
		Resistencia Promedio	Densidad Promedio	Resistencia Promedio	Densidad Promedio
		(Kgf/cm ²)	(Kg/m ³)	(Kgf/cm ²)	(Kg/m ³)
D-0-26	100% AG	218.69	2,438.84	261.58	2,410.78
D-0-28	100% AG	218.13	2,421.81	262.59	2,377.34
D-1-28	75% AG - 25% EPS	146.34	2,223.98	167.63	2,230.60
D-2-28	50% AG - 50% EPS	108.62	2,052.35	132.10	2,042.46
D-1-29	25% AG - 75% EPS	76.83	1,884.72	100.63	1,850.30
D-2-29	0% AG - 100% EPS	36.69	1,624.48	51.41	1,630.79

		Resistencia (Kgf/cm ²)	Densidad (Kg/m ³)
Concreto ligero aislante	Mínima		300.00
	Máxima	70.00	800.00
Concreto ligero de Resistencia Moderada	Mínima	70.00	800.00
	Máxima	180.00	1,900.00
Concreto ligero estructural	Mínima	180.00	1,350.00
	Máxima		1,850.00





Capítulo V: Discusión

a) Contraste de resultados con referentes del marco teórico

Discusión 01

¿Cuántas variantes de diseños se realizaron contrastando resultados con el antecedente nacional “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ALIVIANADO CON PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO”, y cuáles fueron los resultados?

En el marco teórico, de la investigación citada se realizó los diseños variando la cantidad de EPS hasta en 4 oportunidades con valores por metro cubico de 0.3 en volumen (promedio), utilizando una cantidad de cemento de alrededor de 550 Kg/m³ como se puede apreciar en la página 233 de dicho estudio, llegando hasta 570 Kg/m³, alcanzando a resistencias de hasta 141 Kg/cm², con una densidad de 1468 Kg/m³, realizada con perlas de EPS cuya densidad eran de 25 Kg/m³.

En nuestra investigación se realizaron también cuatro variantes bien marcadas, teniendo la más próxima a esta el diseño D-2-28, cuya resistencia promedio llego a 132.1 Kg/cm², con una densidad de 2042.46 Kg/m³ (p.143). En esta investigación llego a 126 Kg/cm², con una densidad de 1544 Kg/m³, cabe recalcar que nuestros diseños fueron realizados en base a un concreto patrón sin perlas de EPS y con 280 Kg/m³ de cemento y las variantes de diseños con perlas de EPS de una densidad de 19.4 Kg/m³ manteniendo constante la cantidad de cemento.

La diferencia entre los resultados es marcada pero sería bueno aclarar la cantidad de cemento utilizado en nuestro caso es mucho menos, siendo de mucha importancia que en nuestros diseños se utilizaron aditivos, además las fallas que se observaron al momento de realizar la prueba de consistencia, en dicha investigación fueron de corte, mientras que como se puede observar en nuestras pruebas no presenta ese tipo de falla, ya que que sería un indicio como en la norma lo dice de que la mezcla carece de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez de este ensayo.

Discusión 2



¿Qué tipo de poliestireno expandido se utilizó y es posible utilizar este concreto como material de unidades de albañilería que cumplan con la norma vigente?

Con respecto al antecedente “CONCRETO LIVIANO A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA LA PREFABRICACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL - CAJAMARCA”., estos bloques los hicieron con poliestireno expandido modificado con una densidad de 127.17 Kg/m^3 , y estos también fueron sujetos a pruebas de acorde a lo estudiado (unidades de albañilería), es decir los especímenes ensayados eran cúbicos, llegando a una resistencia de 61.75 Kg/cm^2 y una densidad de 1600 Kg/m^3 , utilizando una cantidad de cemento de 379.4 Kg/m^3 , cabe mencionar que dichos bloques cumplieron con el valor mínimo indicado en la norma de unidades de albañilería

En nuestra investigación el diseño D-2-29, alcanzo una resistencia de 51.41 Kg/cm^2 y densidad de 1630.79 Kg/m^3 , (p. 143), este diseño con solo agregado fino, es decir que es apto para hacer bloques de albañilería con los respectivos estudios complementarios, también cabe recalcar que nuestro diseño se realizó con Slump de 9” de promedio inicial puesto que es bombeado y con 280 Kg/m^3 de cemento.

Discusión 3

Contrastando con la investigación realizada en Colombia titulada “ANÁLISIS DEL CONCRETO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO ADITIVO PARA ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES”, en esta realizaron 3 variaciones de peso en las mezclas de 3%, 6% y 9% con respecto a una mezcla normal, ¿Se puede adicionar algún componente del concreto sin variar el rendimiento?

Se pudo observar que en la investigación citada que dichos diseños no variaba ningún componente, solo se adicionaba las perlas de Poliestireno Expandido, con una cantidad de cemento de 318.8 Kg/m^3 , pero esta inclusión lo hicieron por volumen por testigo de concreto, obteniendo probetas que al analizarlas el peso era prácticamente el mismo y la resistencia a la compresión llego a 140 Kg/cm^2 , observándose la muy poca cantidad de EPS presente en la mezcla con densidades de 2537 Kg/m^3 .

En nuestra investigación se tuvo en cuenta el rendimiento del concreto, es decir no se podía agregar ningún material sin quitar otro, puesto que si fuera así el rendimiento no sería el



deseado, es por eso que se reemplazó en volumen el agregado grueso en diferentes porcentajes, obteniendo así concretos mucho más ligeros. (p. 58)

Discusión 4

Con respecto a la investigación realizada en Costa Rica titulada “ESTUDIO EXPLORATORIO EN DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO PARA HOLCIM (COSTA RICA) S.A” ¿Existe una relación directa entre la cantidad de cemento utilizado, la densidad y la resistencia del concreto liviano?

Se puede observar en esta investigación citada, que para sus diseños de concreto liviano no estructural y de baja densidad utilizaron 410 Kg/m^3 de cemento, llegando a una densidad de 1581 Kg/m^3 y una resistencia a la compresión de 164.17 Kg/cm^2 . Con un revenimiento de 222 mm, que aproximadamente es $8 \frac{3}{4}$ ” de slump.

En nuestra investigación se llegó a una resistencia de 132.1 Kg/cm^2 y densidad de 2042.46 Kg/m^3 (p. 143), cabe reiterar que en dicha investigación utilizaron 410 Kg/m^3 de cemento mientras que en nuestra investigación solo 280 Kg/m^3 (p.131), los valores de los asentamientos son similares por tratarse de concretos premezclados.

Por lo cual se puede apreciar a menor cantidad de cemento, menor resistencia; a menor densidad, menor resistencia, también cabe recalcar la importancia del uso de aditivos para este tipo de concretos especiales.

Discusión 5

¿El concreto ligero obtenido cumple con la normativa para concretos ligeros estructurales?

De acuerdo con las normativas que hablan del concreto ligero, este concreto debería cumplir requisitos mínimos, mientras que nuestro concreto ligero de resistencia moderada D-1-29 cumple densidad entre 800 a 1900 Kg/m^3 y resistencia a la compresión entre 70 a 180 Kg/cm^2 , en nuestro caso alcanzamos la densidad de 1850.3 Kg/m^3 y resistencia a la compresión de 100.63 Kg/cm^2 (p. 145), pero no como concreto ligero estructural, debido que los requisitos según las normas EHE 08,2008 debe llegar a una resistencia a la compresión mínima de 150 Kg/cm^2 con una densidad inferior de 2000 Kg/m^3 y superior de 1200 Kg/m^3 .(p. 20)



b) Comentarios de la demostración de la hipótesis

Se puede apreciar que los concretos obtenidos no alcanzan la resistencia especificada de diseño, por haberse sustituido perlas de poliestireno expandido por agregado grueso, pero pese a eso cumplen con los requisitos de concreto ligero de resistencia moderada, pero que no pueden ser utilizados como concretos ligeros estructurales.

c) Aporte de la investigación

Se realizó un diseño patrón para un concreto de alta plasticidad con 280 Kg/m^3 de cemento, cabe recalcar que el cemento utilizado es HE, es decir resistencias tempranas elevadas, que son los cementos que utilizan las plantas de concreto, así como la utilización de aditivos reductores de agua y retardante de fraguado, proporcionando análisis de dichos concretos con cementos nuevos en nuestro medio por ser desarrollados colaborando con el cuidado del medio ambiente.

También se planteó el uso de perlas de EPS, para así obtener concretos con menor peso y resistencia adecuada para diferentes usos en la construcción, como es el caso que se pueden utilizar para realizar bloques de albañilería claro está con un análisis y estudio más específico.

Se obtuvieron concretos con resistencias mayores a los que solicita la norma para la realización de bloques de concreto, falso piso, etc; pudiendo estos ser utilizados con los estudios pertinentes para dicho caso, es así que este concreto estudiado puede utilizarse en la construcción para reducir la carga muerta, no para concretos estructurales sino para concretos que no cumplan función estructural.

d) Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación

Estudiar al concreto para que sea bombeable, donde vimos que las concreteras a nivel nacional e internacional nos indican que para que un concreto sea bombeable debe estar el slump en el rango de 4" a 6", y las modificaciones que se pueden realizar al diseño de mezcla en caso sean necesarias para obtener concretos bombeables.



Glosario

Absorción: Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

Asentamiento: Es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto.

Ensayo de aptitud: El ensayo de aptitud tiene por objeto establecer, antes del empleo del hormigón, cual es la dosificación que debe tener el hormigón para que en base a los materiales considerados para su confección de la consistencia prevista y para las condiciones de la obra en cuestión el hormigón pueda colocarse inobjetablemente, alcanzando con seguridad las propiedades exigidas.

Peso específico: Es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales.

Peso específico aparente: Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa: Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS): Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas.



Calor de hidratación: Cantidad de calor que fue producido durante los procesos de fraguado y endurecimiento, debido a las reacciones fisicoquímicas.

Clínker: Producto final del horno de cemento Portland, material cementante bruto antes de la molienda.

Consistencia: Movilidad relativa o capacidad para fluir del concreto, mortero o grout frescos.

Curado: Mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorios en el concreto durante un periodo definido después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseada.

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 sales, cementos y yesos, sin que puedan ablandarse nuevamente.

Hidratación: Es la reacción entre el cemento hidráulico y el agua, a través de la cual se forman nuevos compuestos que confieren resistencia al concreto.

Plasticidad: Propiedad de la pasta, concreto fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.

Relación agua-cemento (a/c): Relación entre la masa de agua y la masa de cemento.

Revenimiento: (asentamiento), es un indicador de trabajabilidad cuando se evalúan mezclas de concreto similares.

Slump: Determinación del asentamiento del concreto fresco.

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: Medida de la facilidad o de la dificultad de colocación, consolidación y acabado del concreto



Conclusiones

Conclusión N° 1:

Se logró demostrar parcialmente la hipótesis general que dice: “ **El reemplazo de agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en diferentes porcentajes y una proporcional dosificación de materiales producen concretos con menores densidades y con resistencias que cumplan las normas de concretos ligeros**”, ya que el diseño es para un concreto $f'c=210$ kgf/cm², pero en la normatividad nos indica que existen diferentes tipos de concretos ligeros, estando los primeros diseños fuera de este rango por tener una densidad mayor de 1900 Kg/m³, solo los últimos diseños con 75% y 100% de reemplazo del agregado grueso por el de perlas de poliestireno expandido cumplen con la densidad solicitada por la norma, pero la resistencia para que sea estructural es muy baja, es por eso que entra en el rango de los denominados concretos ligeros de resistencia moderada estos para usos no estructurales. Las resistencias de los diseños D-1-29 fueron en promedio de 100.63 Kgf/cm² con una densidad promedio de 1850.30 kg/m³ y la del diseño D-2-29 tuvo una resistencia a la compresión de 51.41 Kgf/cm² con una densidad de 1630.79 Kg/m³ en promedio. (p.143)

Conclusión N° 2:

Se logró comprobar parcialmente la sub hipótesis N°1 que dice: “**Las características físicas de los agregados cumplen con las Normas Técnicas Peruanas**”, esto debido a que las características tanto de los agregados finos (combinando en porcentajes) y agregado grueso cumplen con las normas (pp. 108-111), pero el uso de agregados denominados ligeros en el Perú aún no cuenta con una normativa.

Conclusión N° 3:

No se logró comprobar la sub hipótesis N°2 que dice: “ **El porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplaza al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros es del 50%**”. Debido a que las resistencias están por debajo de los concretos ligeros estructurales (p. 145), no cumple ni con la densidad ni con la resistencia cuando se reemplaza el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en 50%, pero como se puede evidenciar cumple en otros rangos para concretos no estructurales.



Conclusión N° 4:

Se comprobó la sub hipótesis N°3 que dice: **“La utilización de aditivo reductor de agua y retardante de fragua en el rango del 1% - 2% del peso del cemento mejora el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido”**. El aditivo se dosifica en el rango establecido según recomendación del fabricante, en este caso es un reductor de agua de rango medio, cuyas características se adjuntan, teniendo como principales bondades que nos ayudaron a reducir la cantidad de agua y por ende la cantidad de cemento sin alterar la plasticidad del concreto, mantiene la fluidez del concreto fresco sin alterar negativamente las resistencias mecánicas, habiendo sido utilizado según consta en el diseño de mezcla en un 1.5% del peso del cemento, siendo el rango planteado en la hipótesis de 1% - 2% del peso del cemento. (p. 131)

Conclusión N° 5:

Se logró demostrar la sub hipótesis 4 que dice: **“El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto aumenta la consistencia del concreto”**. Debido a que siendo los agregados angulosos los que traban la mezcla y evitan que el concreto se deslice, las perlas de EPS son circulares y ayudan a tener una mejor consistencia por ende un mayor slump y cabe recalcar que se retira de la mezcla agregado grueso que tiene una absorción determinada por perlas de poliestireno expandido cuya absorción es nula, quedando por ende la mezcla mucho más plástica. (pp. **¡Error! Marcador no definido.-¡Error! Marcador no definido.**)

Conclusión N° 6:

Se logró demostrar la sub hipótesis 5 que dice: **“El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto disminuirá la resistencia a la compresión del concreto”**. Si bien es cierto, se llegan a tener concretos más livianos, pero a la vez concretos menos resistentes pudiendo ver que un concreto con un reemplazo del 25% del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido llega a una resistencia a la compresión de 167.63 Kgf/cm² y una densidad promedio de 2230.60 kg/m³, mientras que si reemplazamos en su totalidad el agregado grueso obtenemos una resistencia de 51.41 Kgf/cm² y una densidad de 1630.79 Kg/m³.(p. 143)



Recomendaciones

- 1°. Se recomienda realizar estudios complementarios con mayor cantidad de cemento, para de esta manera tener más pasta (mortero) y llegar a una resistencia mayor y con densidades menores y realizar los ensayos complementarios pertinentes.
- 2°. Se recomienda realizar pruebas de fabricación de estos concretos a nivel industrial, es decir en gran volumen en plantas de concreto para ver si pueden ser producidos en grandes volúmenes y así realizar pruebas de bombeo para determinar el comportamiento, tanto de estos concretos como de la bomba concretera; de esta forma se sabrá qué tan aptos son para ser bombeados.
- 3°. Se recomienda realizar pruebas de aislamiento térmico y acústico que permitan determinar qué tan eficientes pueden ser estos concretos para ser utilizados como materiales aislantes, así como resistencia al intemperismo, durabilidad y resistencia al impacto.
- 4°. Debido a la poca densidad del EPS, es difícil su dosificación exacta, es por eso que se recomienda balanzas más precisas y de esta manera obtener valores de rendimiento más exactos.
- 5°. Se recomienda el uso de este material sobre todo cuando se desee reducir cargas muertas, especialmente en estructuras con gran cantidad de divisiones livianas o elementos arquitectónicos, como por ejemplo en falsos pisos, contra pisos, veredas, bloques para divisiones (usos no estructurales).
- 6°. Se recomienda hacer un análisis económico, evaluando el rendimiento de la mano de obra, ya que, debido a ser un material liviano, se tendrá mayores rendimientos por parte del personal.
- 7°. Se recomienda realizar los ensayos de tracción, módulo de rotura, módulo de elasticidad para dicho diseño de mezcla para futuras investigaciones.



Referencias

Abanto, C. F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.

NTP 339.088. (2001). *Calidad de agua*. Lima, Peru: Indecopi.

Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto*.

Abanto, C. F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.

Alvarez Cangahuala, J. (s.f.). *Diseño de mezclas*.

ANAPE. (s.f.). *El Poliestireno Expandido y el Medio Ambiente*.

ANAPE, A. N. (2019). *ANAPE*. Obtenido de <http://www.anape.es>

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.

Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: EPISTEME.

BASF. (2001). *Informaciones Técnicas Styropor*. *BASF Plastics*, 830.

BASF. (2006). *Concreto Bombeado*.

Bernal, T. C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pretince Hall.

Bustamante Medina, D. M., & Diaz Salcedo, C. A. (2014). *Evaluacion de las propiedades mecanicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado*. Arequipa - Peru.

DIN 1045. (1978). *Hormigon y Hormigon Armado - Cálculo y realización*. Alemania: Norma Alemana.

EHE 08. (2008). *Instrucción de Hormigon Esrtructural*.

EUMEPS. (2016). *EPS White Book*. Belgica.



- Fernández, M., & Alaejos, P. (1991). *Effect of coarse aggregate on the behavior of normal and high-strength concretes. U.S.A. Cement and Concrete aggregates. U.S.A.*
- Hanson, J. (1968). Effects of Curing and Drying Environments on Splitting Tensile Strength of Concrete (Efecto de los Ambientes de Curado y Secado sobre la Resistencia a la Tensión Indirecta del Concreto).
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, S. R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Kosmatka. (2004). Diseño y Control de Mezclas de concreto. En B. K. Steven H. Kosmatka.
- Medina, R. (2011). *Capacitaciones: Procedimientos para Elaborar Probetas de Concreto*. Lima: Boletín construyendo, Aceros Arequipa. 2-2.
- N.T.P. 339.034. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (3ra Edición)*. Lima. Perú: Indecopi.
- NTP 400.010. (2001). *Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Peru: Indecopi.
- NTP 400.012. (2001). *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*. Lima, Peru: Indecopi.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*.
- Pasquel, C. E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Poliestireno Expandido*. (22 de octubre de 2005). Obtenido de Textos Científicos: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Portugal, B. P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Paris: Lafayette.
- Portugal, B. P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Paris.



Quiroz, C. M., & Salamanca, O. L. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón"*. Tesis de pre Grado. Cochabamba: Universidad de San Simón.

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*.

Rodriguez Chico, H. E. (2017). *Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural*. Cajamarca.

Torre C, A. (2004). *Curso basico de tecnologia del concreto*.

Wood, S. L. (1992). *Evaluation of the Long-Term Properties of Concrete (Evaluación de las Propiedades del Concreto a Largo Plazo)*.



Anexos



Figura 49: Elaboración de Testigos de concreto



Figura 50: Ensayo de Consistencia - Prueba a las 2 Horas



Tabla 87: Matriz de consistencia

"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Dependientes			
¿Cuál será el análisis de la resistencia a la compresión del concreto ligero reemplazando el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido?	Análizar el comportamiento a compresión del concreto ligero reemplazando el agregado grueso por de perlas de poliestireno expandido en diferentes dosificaciones de los componentes.	El reemplazo de agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en diferentes porcentajes y una proporcional dosificación de materiales producen concretos con menores densidades y con resistencias que cumplan las normas de concretos ligeros.	Resistencia a la compresión del concreto con Perlas de Poliestireno Expandido Revenimiento del concreto ligero Peso unitario del concreto ligero	Fuerza / Area Longitud Masa / Volumen		
Problemas Específicos	Objetivos Especificos	Sub Hipótesis	Independientes			
¿Cuáles son las características físicas de los agregados utilizados para la elaboración del concreto ligero?	Caracterizar las perlas de Poliestireno Expandido y determinar el peso específico, absorción y granulometría de los componentes del concreto ligero.	Las características físicas de los agregados cumplen con las normas técnicas peruanas				
¿Cuál es el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplazara al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros?	Determinar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplazara al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros.	El porcentaje de perlas de poliestireno expandido que reemplaza al agregado grueso en volumen para obtener un concreto ligero cuya densidad y resistencia cumpla con la norma de concretos ligeros es del 50%.				
¿Cuál es la cantidad de aditivo reductor de agua y retardante de fragua que se debe incorporar al concreto para conseguir los valores de asentamientos y resistencia a la compresión esperados?	Determinar la cantidad de Aditivo reductor de agua y retardante de fragua que se debe incorporar al concreto para conseguir los valores de asentamientos y resistencia a la compresión esperados	La utilización de aditivo reductor de agua y retardante de fragua en el rango del 1% - 2% del peso del cemento mejora el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido	Resistencia a la compresión del concreto patron Revenimiento del concreto patron Perlas de poliestireno expandido Aditivo reductor de agua y retardante de fragua	Fuerza / Area Longitud Masa Masa	Guías de observacion de campo, Analisis documentado	Libros especializados, revistas especializadas, Normas Tecnicas Peruanas, Norma ASTM, Ensayos de laboratorio
¿Cómo varia la consistencia del concreto al reemplazar el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en las diferentes dosificaciones?	Determinar la variación de la consistencia del concreto al reemplazar el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en las diferentes dosificaciones	El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto aumenta la consistencia del concreto				
¿Cómo influirá en la resistencia a compresión del concreto el reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido ?	Determinar en que medida el reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido influye en la resistencia a compresión del concreto	El reemplazo del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido en el proceso de fabricación del concreto disminuirá la resistencia a la compresión del concreto				



Apéndices

Tabla 88
Granulometría - Agregado Grueso - Huso 57 y 67

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0mm (1")	19.0mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (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 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" 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 ¾")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a ¾")						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 (¾" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a N° 4)								100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5
7	12.5 a 4.75 mm (½" 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: (Torre C, 2004)



W-84 Aditivo Rango Medio

Fecha de Emisión: Oct 13, 17
Revisión:
Fecha de Revisión:
Página: 1 de 1

Industrias Ulmen S.A. Aditivos para Concreto

DESCRIPCIÓN

Es un reductor de agua de rango medio que incorpora materias primas de alta tecnología, permitiendo un mejor control del concreto.
No contiene cloruros.
No requiere cuidados ni precauciones especiales y se trata como cualquier aditivo convencional.



PROPIEDADES

Reduce la razón agua cemento sin alterar la plasticidad del concreto.
Mantiene la fluidez del concreto fresco sin alterar negativamente las resistencias mecánicas.



CAMPO DE APLICACIÓN

Es adecuado para concretos bombeables, fluidos, premezclados y pretensados.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Aspecto : Líquido levemente viscoso.
Color : Café claro
Densidad : $1,06 \pm 0,02$ g/mL
Viscosidad : 20 ± 2 (s)
pH : $6,5 \pm 1$
Sólidos : 25 ± 3
Envase : Cilindro de 220 kg. o Dispenser retornable de 1.100 kg.

USO Y DOSIS

Se agrega directamente sobre el hormigón en dosis que varían entre 0,5 y 2% del peso del cemento. La dosis más adecuada se determina con ensayos de prueba específicos.

DURACIÓN

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008



Las Vertientes Mz C-1 Sub Lt 2-F Villa El Salvador – Lima
Teléfonos (51-1) 719.4126 719.4127

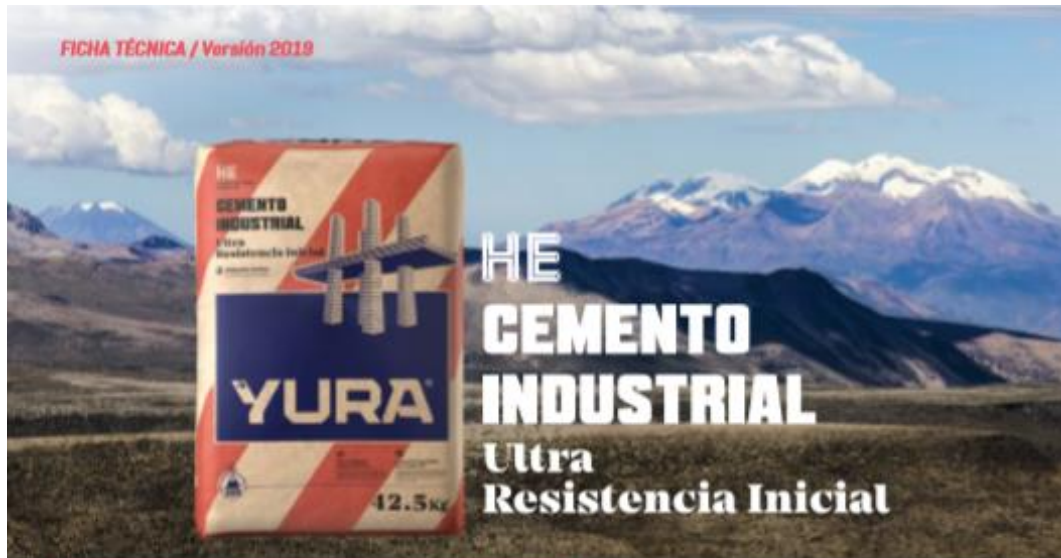
www.cognoscibletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl

Figura 51: Aditivo Rango Medio W-84

Fuente: Industrias Ulmen S.A.



DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO INDUSTRIAL DE ULTRA RESISTENCIA INICIAL YURA HE es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura.

La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS FÍSICOS	Requisitos Norma Técnica NTP 334.082 ASTM C 1157	CEMENTO INDUSTRIAL YURA TIPO HE	REQUISITOS NORMA TÉCNICA CEMENTO TIPO I NTP 334.009 / ASTM C 150
Peso específico (gr/cm ³)	-	290 - 298	375 Máximo
Superficie específica Blaine (cm ² /gr)	-	4400 - 5100	2600 Mínimo
Expansión en autodescarga (%)	0.80 Máximo	-0.03 - 0.04	0.80 Máximo
Fraguado Vitcat inicial (minutos)	45 a 420 Mínimo	140 - 190	45 a 375 Mínimo
Contenido aire Mortero (%)	12 Máximo	3.0 a 5.5	12.00 Máximo
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kg./cm ² MPa	Kg./cm ² MPa	Kg./cm ² MPa
1 día	122 12	130 a 160 12.7 a 15.7	- -
3 días	245 24	250 a 290 24.5 a 28.4	122 12
7 días	- -	310 a 380 30.4 a 37.2	194 19
28 días	- -	400 a 430 39.2 a 42.1	- -

COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN CEMENTO INDUSTRIAL YURA TIPO HE Vs. NTP CEMENTO TIPO I y HE

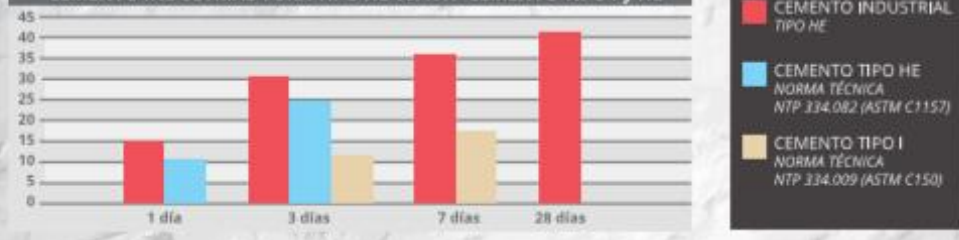


Figura 52: Ficha técnica cemento Yura – HE

Fuente: YURA S.A.



FICHA TÉCNICA / Versión 2019

YURA

PROPIEDADES

EL CEMENTO INDUSTRIAL YURA TIPO HE - ULTRA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad.
- Moderada resistencia a los sulfatos.
- Menor calor de hidratación.
- Disminuye la reacción nociva alcali-agregado (según grado de reactividad del agregado).
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 42.5 Kg.	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

PAIS	NORMA	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.082	Cemento Portland	TIPO HE
NOTMA CHILENA OFICIAL	NCH 148 OF68	Cemento Portland Puzolánico	GRADO ALTA RESISTENCIA
NORMA AMERICANA	ASTM C1157	Portland Cement	TIPO HE
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Portlanda Con Puzolana	TIPO IP 40
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 2380	Cemento Hidráulico	TIPO HE
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland	TIPO 1

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

Figura 52: Ficha técnica cemento Yura – HE

Fuente: YURA S.A.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil												
Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"												
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa García Laboratorio: <i>Ed. Kallpa Mix Cusco</i>										CONCRETOS KALLPA MIX Edson Mercado Farfan LABORATORIO DE CALIDAD		
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas												
NTP 339.035												
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2			
				D1	D2	D1	D2					
1	26-05-18	02-06-18	7	10.04	10.07	10.14	10.12	20.29	20.32	3.956	165.10	D-0-26 210 Kg/cm ²
2	"	"	7	10.09	10.07	10.10	10.14	20.36	20.48	3.967	172.20	"
3	"	"	7	10.07	10.08	10.10	10.15	20.53	20.26	3.972	170.80	"
4	"	"	7	10.10	10.00	10.06	10.12	20.36	20.20	3.942	171.80	"
5	"	"	7	10.10	10.04	10.10	10.03	20.31	20.32	3.960	171.00	"
6	"	"	7	10.09	10.01	10.03	10.14	20.21	20.36	3.970	171.50	"
7	"	"	7	10.04	10.03	10.11	10.06	20.45	20.24	3.950	164.50	"
8	"	"	7	10.10	10.03	10.07	10.06	20.48	20.49	3.971	173.80	"
9	"	"	7	10.09	10.03	10.16	10.09	20.25	20.43	3.962	171.70	"
10	"	"	7	10.07	10.05	10.06	10.06	20.42	20.45	3.952	174.30	"
11	"	"	7	10.09	10.00	10.11	10.03	20.45	20.40	3.964	173.50	"
12	"	"	7	10.06	10.03	10.12	10.15	20.47	20.35	3.959	171.50	"
13	26-05-18	23-06-18	28	10.10	10.02	10.03	10.05	20.21	20.43	3.956	195.60	D-0-26 f _{cc} 210 Kg/cm ²
14	"	"	28	10.04	10.04	10.11	10.11	20.42	20.27	3.940	204.30	"
15	"	"	28	10.07	10.04	10.10	10.14	20.58	20.48	3.980	210.80	"
16	"	"	28	10.03	10.07	10.13	10.13	20.24	20.56	3.910	209.10	"
17	"	"	28	10.07	10.06	10.03	10.16	20.45	20.42	3.927	198.30	"
18	"	"	28	10.06	10.07	10.03	10.10	20.24	20.47	3.900	210.10	"
19	"	"	28	10.00	10.09	10.12	10.14	20.30	20.28	3.683	207.70	"
20	"	"	28	10.00	10.01	10.14	10.11	20.52	20.20	3.880	200.00	"
21	"	"	28	10.03	10.08	10.09	10.05	20.25	20.50	3.743	195.70	"
22	"	"	28	10.02	10.00	10.13	10.13	20.44	20.22	3.928	199.00	"
23	"	"	28	10.03	10.10	10.04	10.09	20.31	20.53	3.926	210.60	"
24	"	"	28	10.01	10.03	10.13	10.10	20.40	20.58	3.821	211.40	"

Figura 53: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-0-26)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"													
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia													
Laboratorio: CONCRETOS KALLPA MIX													
Edson Mercado Fáfán LABORATORIO DE CALIDAD													
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.035													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2				
				D1	D2	D1	D2						
1	28-05-18	04-06-18	7	10.08	10.04	10.09	10.10	20.32	20.31	3.929	169.30	D-0-28 $f_c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$	
2	"	"	"	10.09	10.06	10.03	10.12	20.32	20.37	3.971	166.40	"	
3	"	"	"	10.10	10.08	10.13	10.16	20.58	20.34	3.940	171.30	"	
4	"	"	"	10.08	10.05	10.17	10.12	20.40	20.20	3.952	169.30	"	
5	"	"	"	10.08	10.05	10.07	10.17	20.44	20.33	3.958	192.60	"	
6	"	"	"	10.08	10.05	10.08	10.13	20.29	20.53	3.962	171.10	"	
7	"	"	"	10.08	10.06	10.17	10.11	20.58	20.28	3.950	176.80	"	
8	"	"	"	10.04	10.01	10.17	10.10	20.54	20.56	3.969	170.40	"	
9	"	"	"	10.10	10.03	10.13	10.13	20.50	20.49	3.959	173.10	"	
10	28-05-18	25-06-18	28	10.02	10.07	10.13	10.12	20.22	20.40	3.825	205.10	D-0-28 $f_c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$	
11	"	"	"	10.10	10.06	10.14	10.09	20.24	20.30	3.818	199.20	"	
12	"	"	"	10.06	10.07	10.12	10.14	20.39	20.44	3.840	204.00	"	
13	"	"	"	10.06	10.05	10.11	10.03	20.46	20.51	3.820	210.30	"	
14	"	"	"	10.07	10.04	10.11	10.07	20.46	20.23	3.860	210.50	"	
15	"	"	"	10.00	10.09	10.14	10.08	20.40	20.32	3.938	206.00	"	
16	"	"	"	10.08	10.08	10.05	10.03	20.58	20.24	3.833	196.10	"	
17	"	"	"	10.02	10.04	10.07	10.02	20.48	20.56	3.906	204.30	"	
18	"	"	"	10.03	10.10	10.13	10.11	20.47	20.54	3.917	211.40	"	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

Figura 54: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-0-28)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Escuela Profesional de Ingeniería Civil													
Tesis: * ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESION DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO*													
CONCRETOS KALLPA MIX													
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia													
Laboratorio: Edson Mercado Fierfan LABORATORIO DE CALIDAD													
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas													
NTP 339.035													
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diámetro (cm)				Altura (cm)		Masa (g)	Fuerza (kN)	Observaciones	
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2	m	F		
				D1	D2	D1	D2						
1	28-05-18	04-06-18	7	10.01	10.05	10.13	10.13	20.36	20.38	3.621	114.60	D-1-28 210 kgf/cm ²	
2	"	"	7	10.07	10.07	10.06	10.11	20.56	20.12	3.604	111.40	"	
3	"	"	7	10.01	10.05	10.05	10.15	20.39	20.34	3.598	115.60	"	
4	"	"	7	10.00	10.00	10.16	10.12	20.46	20.38	3.599	112.90	"	
5	"	"	7	10.06	10.01	10.16	10.12	20.76	20.30	3.621	113.30	"	
6	"	"	7	10.04	10.01	10.07	10.08	20.52	20.20	3.604	112.50	"	
7	"	"	7	10.07	10.09	10.07	10.17	20.22	20.32	3.584	110.60	"	
8	"	"	7	10.08	10.00	10.07	10.03	20.23	20.50	3.670	116.00	"	
9	"	"	7	10.03	10.03	10.16	10.06	20.46	20.24	3.600	121.60	"	
10	28-05-18	25-06-18	28	10.07	10.02	10.08	10.16	20.38	20.35	3.625	132.80	D-1-28 210 kgf/cm ²	
11	"	"	28	10.07	10.10	10.15	10.10	20.31	20.54	3.600	125.80	"	
12	"	"	28	10.05	10.01	10.04	10.08	20.34	20.37	3.645	127.50	"	
13	"	"	28	10.00	10.01	10.06	10.11	20.54	20.49	3.578	129.90	"	
14	"	"	28	10.05	10.09	10.17	10.17	20.34	20.27	3.651	131.20	"	
15	"	"	28	10.08	10.10	10.04	10.09	20.26	20.47	3.638	129.90	"	
16	"	"	28	10.00	10.01	10.08	10.15	20.23	20.23	3.600	135.20	"	
17	"	"	28	10.08	10.04	10.11	10.07	20.37	20.40	3.611	139.90	"	
18	"	"	28	10.06	10.05	10.07	10.15	20.34	20.35	3.637	126.40	"	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

Figura 55: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-1-28)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Escuela Profesional de Ingeniería Civil												
Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"												
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia												
Laboratorio: Lab. Kallpa Mix Cusco												
CONCRETOS KALLPA MIX												
Edson Mercado Fárjan LABORATORIO DE CALIDAD												
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas												
NTP 339.035												
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g) m	Fuerza (kN) F	Observaciones
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2			
				D1	D2	D1	D2	h1	h2			
1	28-05-18	04-06-18	7	10.02	10.06	10.07	10.16	20.27	20.42	3.316	87.20	D-2-28 210 kgf/cm ²
2	"	"	"	10.04	10.08	10.13	10.08	20.43	20.29	3.357	86.70	"
3	"	"	"	10.01	10.00	10.12	10.08	20.31	20.43	3.370	79.30	"
4	"	"	"	10.01	10.09	10.03	10.02	20.39	20.24	3.309	77.40	"
5	"	"	"	10.05	10.02	10.12	10.14	20.73	20.31	3.316	88.30	"
6	"	"	"	10.01	10.10	10.17	10.02	20.58	20.26	3.365	86.80	"
7	"	"	"	10.07	10.04	10.06	10.17	20.47	20.41	3.300	83.00	"
8	"	"	"	10.05	10.01	10.17	10.11	20.48	20.42	3.357	85.70	"
9	"	"	"	10.09	10.08	10.15	10.03	20.28	20.54	3.328	86.20	"
10	28-05-18	25-06-18	28	10.06	10.01	10.02	10.13	20.47	20.27	3.305	109.10	D-2-28 210 kgf/cm ²
11	"	"	"	10.00	10.10	10.10	10.14	20.27	20.40	3.324	103.20	"
12	"	"	"	10.00	10.07	10.13	10.06	20.34	20.32	3.314	99.90	"
13	"	"	"	10.02	10.03	10.10	10.16	20.26	20.50	3.351	102.00	"
14	"	"	"	10.02	10.07	10.05	10.05	20.49	20.29	3.309	100.40	"
15	"	"	"	10.07	10.03	10.02	10.02	20.45	20.47	3.298	98.90	"
16	"	"	"	10.04	10.02	10.11	10.10	20.28	20.29	3.311	100.00	"
17	"	"	"	10.09	10.03	10.17	10.14	20.25	20.29	3.295	109.10	"
18	"	"	"	10.08	10.02	10.05	10.14	20.40	20.54	3.318	110.30	"

Figura 56: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-2-28)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Escuela Profesional de Ingeniería Civil												
Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO CONCRETOS KALLPA MIX POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"												
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia												
Laboratorio: Edson Mercado Fárjan LABORATORIO DE CALIDAD												
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas												
NTP 339.035												
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g)	Fuerza (kN)	Observaciones
				Ø inferior	D2	Ø superior	D2	h1	h2	m	F	
1	27-05-18	05-06-18	7	10.01	10.01	10.10	10.02	20.29	20.57	3.089	59.70	D-1-29 210 kgf/cm ²
2	"	"	"	10.10	10.07	10.08	10.12	20.50	20.43	3.055	60.20	"
3	"	"	"	10.08	10.07	10.13	10.11	20.26	20.20	3.054	61.40	"
4	"	"	"	10.00	10.07	10.08	10.17	20.28	20.38	3.068	58.90	"
5	"	"	"	10.01	10.07	10.11	10.14	20.54	20.33	3.082	64.10	"
6	"	"	"	10.02	10.00	10.14	10.14	20.25	20.28	3.062	62.70	"
7	"	"	"	10.05	10.03	10.11	10.14	20.44	20.41	3.022	54.40	"
8	"	"	"	10.09	10.02	10.08	10.06	20.55	20.24	3.062	58.30	"
9	"	"	"	10.00	10.10	10.07	10.09	20.51	20.31	3.058	60.90	"
10	27-05-18	26-06-18	28	10.04	10.10	10.15	10.08	20.20	20.24	2.939	84.40	D-1-29 210 kgf/cm ²
11	"	"	"	10.10	10.05	10.07	10.16	20.43	20.47	3.076	78.90	"
12	"	"	"	10.09	10.07	10.07	10.04	20.50	20.40	3.015	73.20	"
13	"	"	"	10.04	10.00	10.17	10.13	20.52	20.29	3.054	75.90	"
14	"	"	"	10.00	10.01	10.07	10.12	20.33	20.23	2.986	77.20	"
15	"	"	"	10.00	10.07	10.12	10.16	20.52	20.46	2.978	76.90	"
16	"	"	"	10.06	10.00	10.09	10.04	20.38	20.20	2.942	82.40	"
17	"	"	"	10.10	10.00	10.12	10.02	20.59	20.47	3.000	78.60	"
18	"	"	"	10.05	10.04	10.03	10.03	20.32	20.37	3.026	79.40	"
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Figura 57: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-1-29)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Escuela Profesional de Ingeniería Civil												
Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO"												
Responsable: Bach. Enmanuel Figueroa Garcia												
Laboratorio: Lab. Kallpa Mix Cusco												
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas												
NTP 339.035												
N°	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad Días	Diametro (cm)				Altura (cm)		Masa (g)	Fuerza (kN)	Observaciones
				Ø inferior		Ø superior		h1	h2	m	F	
				D1	D2	D1	D2					
1	29-05-18	05-06-18	7	10.10	10.07	10.15	10.02	20.44	20.53	2.628	29.80	D-2-29 210 kgf/cm ²
2	"	"	"	10.00	10.05	10.16	10.10	20.47	20.35	2.642	28.60	"
3	"	"	"	10.07	10.04	10.17	10.03	20.24	20.24	2.630	28.40	"
4	"	"	"	10.10	10.10	10.07	10.08	20.43	20.20	2.668	29.60	"
5	"	"	"	10.08	10.00	10.16	10.10	20.22	20.49	2.620	29.30	"
6	"	"	"	10.03	10.03	10.16	10.03	20.20	20.22	2.650	29.40	"
7	"	"	"	10.05	10.04	10.03	10.03	20.35	20.50	2.622	29.20	"
8	"	"	"	10.02	10.10	10.16	10.16	20.20	20.55	2.641	29.60	"
9	"	"	"	10.04	10.05	10.04	10.06	20.39	20.54	2.646	27.40	"
10	29-05-18	26-06-18	28	10.08	10.00	10.16	10.06	20.57	20.43	2.625	41.80	D-2-29 210 kgf/cm ²
11	"	"	"	10.07	10.05	10.05	10.12	20.23	20.28	2.678	36.20	"
12	"	"	"	10.02	10.10	10.15	10.08	20.44	20.23	2.650	44.10	"
13	"	"	"	10.01	10.06	10.03	10.08	20.55	20.37	2.642	38.20	"
14	"	"	"	10.02	10.04	10.04	10.17	20.47	20.41	2.624	37.80	"
15	"	"	"	10.05	10.00	10.03	10.15	20.38	20.23	2.626	40.20	"
16	"	"	"	10.00	10.07	10.13	10.12	20.21	20.56	2.641	42.80	"
17	"	"	"	10.01	10.07	10.10	10.06	20.43	20.25	2.668	35.40	"
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Figura 58: Guías de recolección de datos (Ensayo a la compresión D-2-29)



PyS
EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

Página : 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **Número: 1299 / 18**
Certificate of calibration *Number.*

INSTRUMENTO : PRENSA CONCRETO
Instrument

FABRICANTE : PINZUAR LTDA
Manufacturer

MODELO : PC-180
Model

NÚMERO DE SERIE : 106
Serial Number

RANGO DE MEDICION : 0 - 1000 kN
Measurement range

SOLICITANTE : KALLPA MIX S.A.C.
Customer

CLASE DE PRECISION : 1
Accuracy

FECHA DE CALIBRACION : 20 - 01 - 2018
Date of calibration

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.
This certificate is an accurate record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing organization.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
The result of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Tel : 495 3873 Cel : 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

Figura 59: Certificado de calibración - Compresora de concreto 1-3



PYS
EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Número: 1299 / 18
Página 2 de 3

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA DE CONCRETO
TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN
METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA
SITIO DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO DEL CLIENTE - CUSCO

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana **NTC-ISO 7500-1** verificación de máquinas de ensayo uniaxiales estáticos. parte 1: maquinas de ensayo de tracción/compresión verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	-2,35	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0,20	%	Error por accesorios	—	%
Error de Reversibilidad	—	%	Resolución	0,100	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 100.000 kgf Compresión Clase **1** Desde el **10% hasta el 100%**

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

Figura 60: Certificado de calibración - Compresora de concreto 2- 3



PyS
EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Número: 1299 / 18

Página 3 de 3

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN	CELDA DE CARGA
Marca	PYS
Serie N°	91
Capacidad	200000 kg (nominal)
INDICADOR DIGITAL	HIWEIGH
Modelo	315-X5
Serie N°	0332565

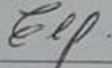
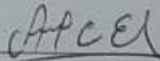
La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 001-18

UNIDADES EMPLEADAS Sistema internacional de unidades

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized signatures.

 Revisado por: Eler Pozo S. Dpto de Metrologia	 Calibrado por: Amed Castillo Espinoza Técnico en Metrologia
--	--

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Tel: 445 3873 Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989




Figura 61: Certificado de calibración - Compresora de concreto 3-3

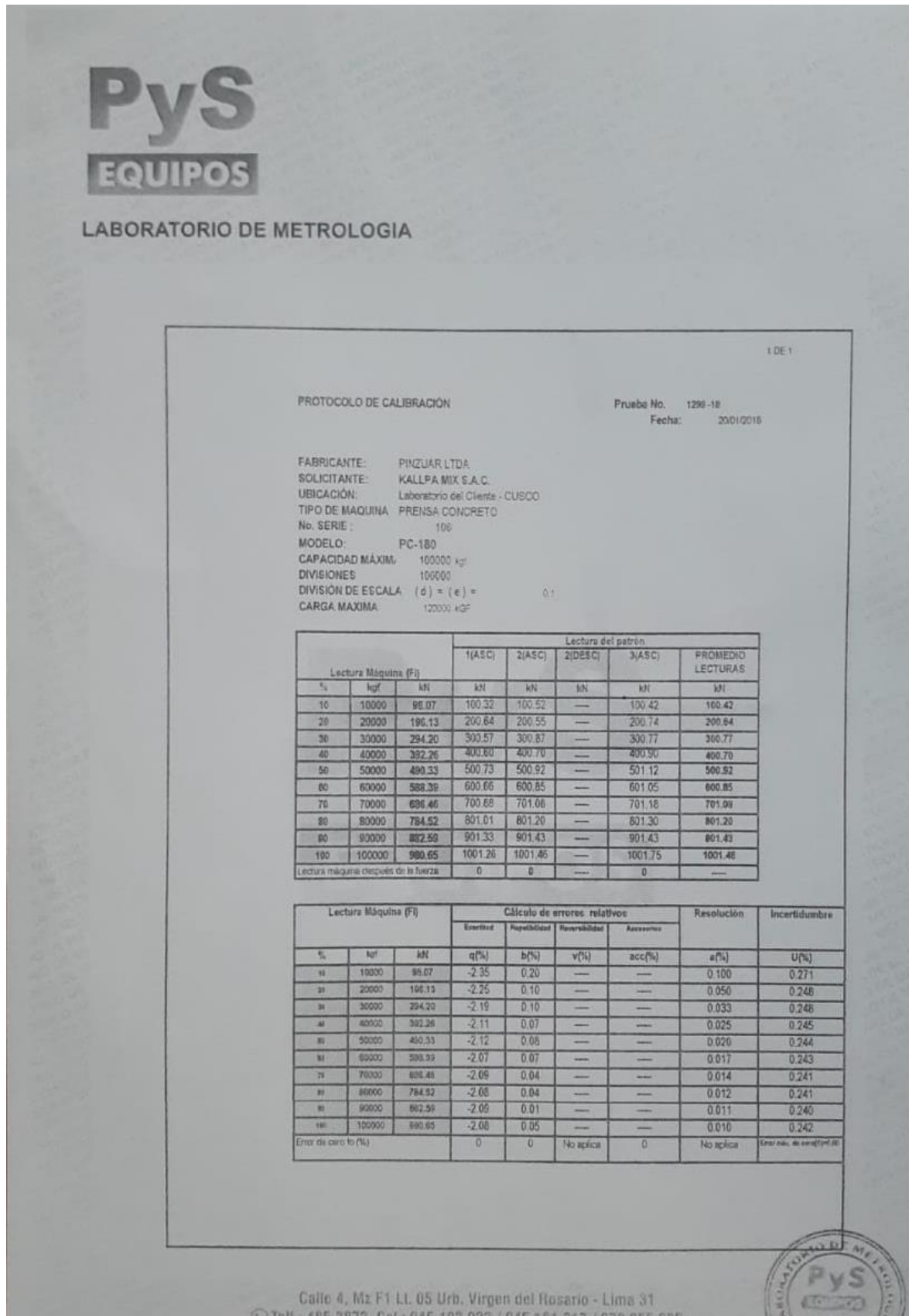


Figura 62: Protocolo de calibración



Figura 63: Turnitin 1/3

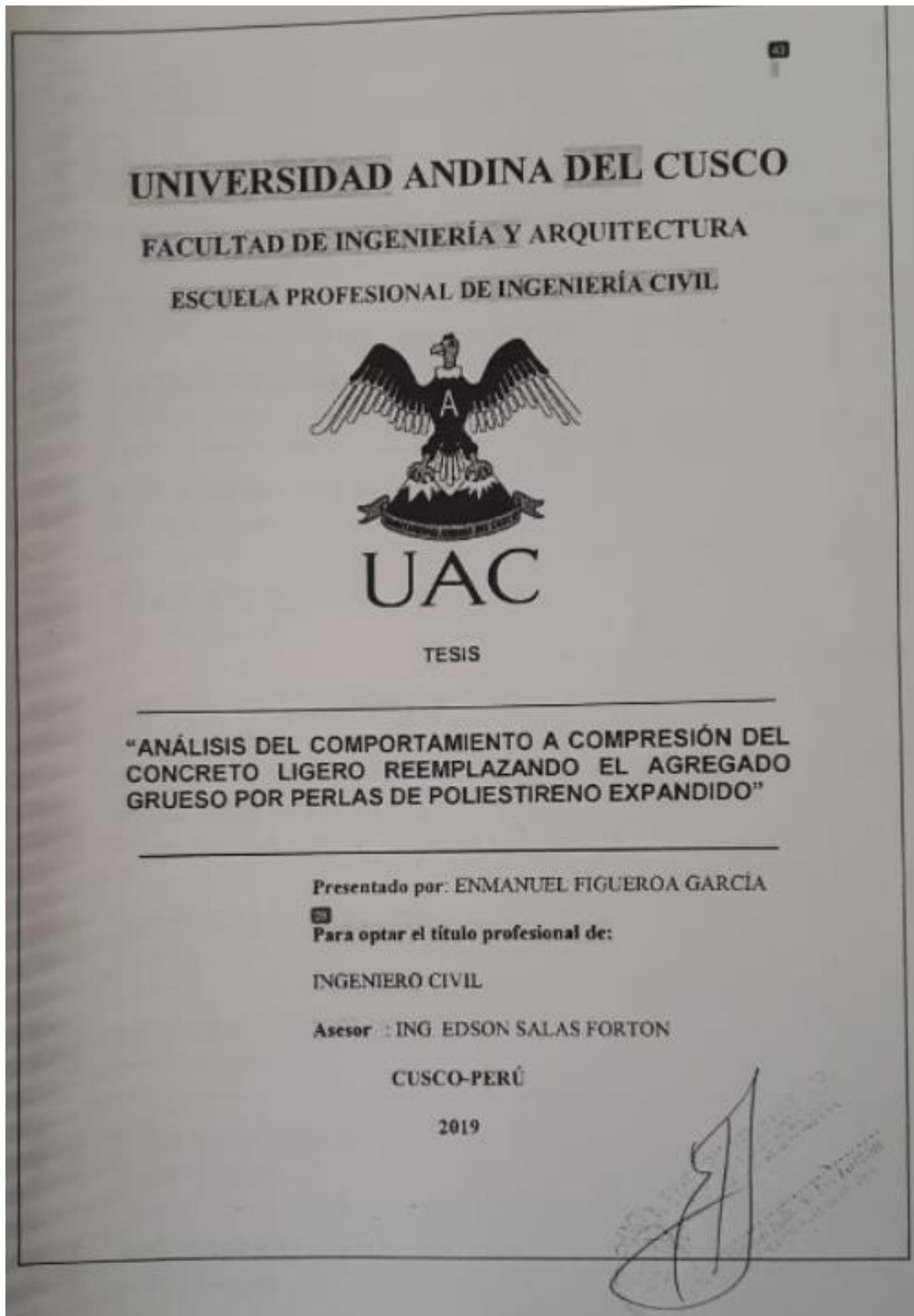


Figura 64: Turnitin 2/3

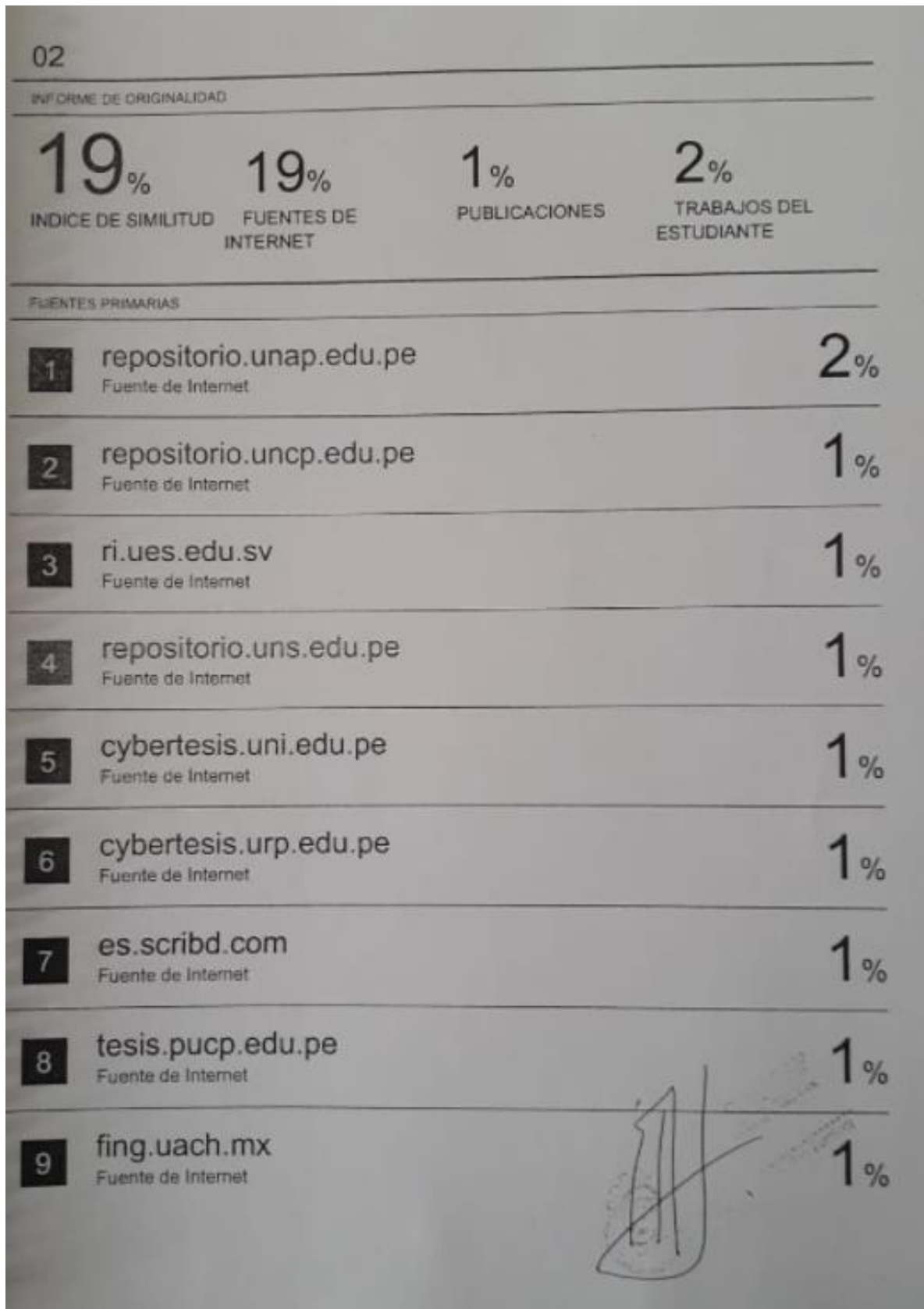


Figura 65: Turnitin 3/3