



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno  
expandido, Lima 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Aujapuclla Escalante, Bonner Jhosep (ORCID: 0000-0001-7129-6636)

Noriega Valdiviezo, Paul Natanel (ORCID: 0000-0002-8033-5294)

**ASESOR:**

Casusol Iberico, German (ORCID: 0000-0001-7143-5026)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico Y Estructural

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A mis padres por el apoyo incondicional día a día, su sacrificio y esfuerzo para darme una educación responsable y por enseñarme los verdaderos valores de la vida.

### **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por la vida que nos da día a día. A la Universidad Cesar Vallejo y al ing. Choque Flores Leopoldo quien nos proporcionó el laboratorio de mecánica de suelos. Así mismo a nuestro asesor Casusol Iberico, German por brindarnos la asesoría constante.

A la empresa ULMEN por promover el impulso a la investigación facilitando material.

A nuestras familias que nos brindan día a día su apoyo incondicional.

## **Página del jurado**





## **Declaratoria de Autenticidad**

Yo, **Aujapuella Escalante Bonner Jhosep** con DNI N° **76278452**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 14 de noviembre del 2020



-----  
Aujapuella Escalante Bonner Jhosep  
DNI: **76278452**


### **Declaratoria de autenticidad**

Yo, **Noriega Valdiviezo Paul Natanel** con DNI N° 74533830, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima 30 de enero de 2021



---

Noriega Valdiviezo Paul Natanel  
DNI: 74533830

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Página del Jurado.....	IV
Declaración de autenticidad.....	VI
Índice.....	VIII
Resumen.....	XVI
Abstract.....	XVII
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	3
1.2.1 Antecedentes internacionales:.....	3
1.2.2 Antecedentes nacionales:.....	4
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1 Concreto liviano.....	6
1.3.2 Concreto de alta resistencia.....	7
1.3.3 Poliestireno expandido.....	19
1.3.2.1.4 Relación agua cemento (a/c).....	27
1.4 Propiedades del concreto en estado fresco.....	29
1.4.1 Peso unitario.....	29
1.4.2 Mezclado.....	29
1.4.3 Trabajabilidad.....	30
1.4.4 Dosificación y estructura interna del concreto.....	31
1.4.5 Composición de la pasta del Concreto.....	32
1.4.6 Estado endurecido.....	32
1.5 Formulación del problema.....	34
1.5.1 Problema general.....	34
1.5.2 Problemas específicos.....	34
1.6 Justificación del estudio.....	34
1.6.1 Justificación Teórica.....	34

1.6.2	Justificación metodológica .....	34
1.7	Hipótesis características y tipos .....	35
1.7.1	Hipótesis general .....	35
1.7.2	Hipótesis específico.....	35
1.7.3	Objetivos.....	35
1.7.4	Objetivo específico .....	35
II.	METÓDO.....	36
2.1	Tipo y Diseño de Investigación .....	36
2.1.1	Tipo de investigación .....	36
2.1.1	Diseño de investigación.....	36
2.1.2	Nivel de investigación .....	36
2.2	Variables, Operacionalización.....	37
2.2.1	Variables.....	37
2.2.2	Operacionalización .....	37
2.3	Población, muestra y muestreo .....	40
2.3.1	Población .....	40
2.3.2	Muestra.....	40
2.4	Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	41
2.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	41
2.4.2	Instrumento de recolección de datos .....	41
2.4.3	Validez y confiabilidad del instrumento.....	41
2.5	Procedimiento .....	41
2.5.1	Procedimiento de mezclado.....	42
2.6	Método análisis de Datos .....	43
2.7	Aspectos éticos .....	45
III.	RESULTADOS .....	46
IV.	DISCUSIÓN.....	104

V. CONCLUSIONES .....	105
VI. RECOMENDACIONES .....	106
REFERENCIAS .....	107
ANEXOS .....	111
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	111
INSTRUMENTOS .....	113
NORMAS TÉCNICAS PERUANAS .....	118
RECIBO TURNITIN.....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Reductores de agua .....	13
<b>Tabla 2.</b> Composición química del microsílíce .....	15
<b>Tabla 3.</b> Características del EPS .....	21
<b>Tabla 4.</b> Propiedades químicas del poliestireno expandido .....	21
<b>Tabla 5.</b> Revestimientos mínimos para elementos estructurales .....	31
<b>Tabla 6.</b> Matriz de Operacionalización .....	38
<b>Tabla 7.</b> Cantidad de probetas a ensayar .....	40
<b>Tabla 8.</b> Diseño base .....	44
<b>Tabla 9.</b> Granulometría de agregado fino .....	47
<b>Tabla 10.</b> Contenido de humedad de agregado fino .....	49
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de absorción del agregado fino .....	50
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de absorción del agregado grueso .....	50
<b>Tabla 13.</b> Contenido de humedad del agregado grueso .....	51
<b>Tabla 14.</b> Datos para diseño de concreto patrón .....	52
<b>Tabla 15.</b> (métrica) dependencia entre la relación agua-material cementante y a la resistencia a compresión del concreto .....	52
<b>Tabla 16.</b> Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes revestimientos y tamaños Máximos Nominales del agregado .....	53
<b>Tabla 17.</b> Tamaño Máximo Del Agregado Grueso.....	53
<b>Tabla 18.</b> Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (para ag. fino con módulo de finura de 2.5- 3.2) .....	53
<b>Tabla 19.</b> Relación agua/materiales cementicios para concretos con superplastificante...	54
<b>Tabla 20.</b> Diseño de concreto patrón 450 kg/cm <sup>2</sup> (DCP1) .....	56
<b>Tabla 21.</b> Diseño final de concreto patrón 450 kg/cm <sup>2</sup> corregido (DCP2).....	57
<b>Tabla 22.</b> Resistencia a la compresión (DCP2) .....	58
<b>Tabla 23.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2) .....	59
<b>Tabla 24.</b> Resultados del ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco. ....	62
<b>Tabla 25.</b> Resultados del ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco. ....	64
<b>Tabla 26.</b> Peso unitario compactado promedio del concreto en estado fresco. ....	65

<b>Tabla 27.</b> Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 10%. (DPS3).....	65
<b>Tabla 28.</b> Resistencia a la compresión EPS = 10% (DPS1).....	66
<b>Tabla 29.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2). ....	67
<b>Tabla 30.</b> Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 10%. ....	69
<b>Tabla 31.</b> Ensayo de peso unitario compactado EPS = 10%. ....	70
<b>Tabla 32.</b> Peso unitario compactado promedio EPS = 10%. ....	71
<b>Tabla 33.</b> Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 15%. (DPS2).....	72
<b>Tabla 34.</b> Resistencia a la compresión EPS = 15% (DPS2).....	73
<b>Tabla 35.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2) ....	74
<b>Tabla 36.</b> Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 15%. ....	76
<b>Tabla 37.</b> Ensayo de peso unitario compactado EPS = 15% (DPS2).....	77
<b>Tabla 38.</b> Peso unitario compactado promedio EPS = 15%. ....	78
<b>Tabla 39.</b> Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 20%. (DPS2).....	78
<b>Tabla 40.</b> Resistencia a la compresión EPS = 20% (DPS2).....	79
<b>Tabla 41.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DPS1).....	80
<b>Tabla 42.</b> Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 20%. ....	82
<b>Tabla 43.</b> Ensayo de peso unitario compactado EPS = 20%. ....	83
<b>Tabla 44.</b> Resumen de diferentes diseños para 1m <sup>3</sup> .....	84
<b>Tabla 45.</b> Muestra 01 .....	85
<b>Tabla 46.</b> Muestra 02 .....	85
<b>Tabla 47.</b> Muestra 03 .....	86
<b>Tabla 48.</b> Muestra 04 .....	86
<b>Tabla 49.</b> Muestra 05 .....	87
<b>Tabla 50.</b> Muestra 06 .....	87
<b>Tabla 51.</b> Muestra 07 .....	88
<b>Tabla 52.</b> Muestra 08 .....	88
<b>Tabla 53.</b> Muestra 09 .....	89
<b>Tabla 54.</b> Muestra 10 .....	89
<b>Tabla 55.</b> Muestra 11 .....	90
<b>Tabla 56.</b> Muestra 12 .....	90
<b>Tabla 57.</b> Muestra 13 .....	91



<b>Tabla 58.</b> Muestra 14 .....	91
<b>Tabla 59.</b> Muestra 15 .....	92
<b>Tabla 60.</b> Muestra 16 .....	92
<b>Tabla 61.</b> Muestra 17 .....	93
<b>Tabla 62.</b> Muestra 18 .....	93
<b>Tabla 63.</b> Muestra 19 .....	94
<b>Tabla 64.</b> Muestra 20 .....	94
<b>Tabla 65.</b> Muestra 21 .....	95
<b>Tabla 66.</b> Muestra 22 .....	95
<b>Tabla 67.</b> Muestra 23 .....	96
<b>Tabla 68.</b> Muestra 24 .....	96
<b>Tabla 69.</b> Muestra 25 .....	97
<b>Tabla 70.</b> Muestra 26 .....	97
<b>Tabla 71.</b> Muestra 27 .....	98
<b>Tabla 72.</b> Muestra 28 .....	98
<b>Tabla 73.</b> Muestra 29 .....	99
<b>Tabla 74.</b> Muestra 30 .....	99
<b>Tabla 75.</b> Muestra 31 .....	100
<b>Tabla 76.</b> Muestra 32 .....	100
<b>Tabla 77.</b> Muestra 33 .....	101
<b>Tabla 78.</b> Muestra 34 .....	101
<b>Tabla 79.</b> Muestra 35 .....	102
<b>Tabla 80.</b> Muestra 36 .....	102
<b>Tabla 81.</b> Muestra 35 .....	103
<b>Tabla 82.</b> Peso unitario compactado promedio, Concreto patrón y EPS = 20% .....	104
<b>Tabla 83.</b> Resistencia a la comprensión a los 28 días con EPS.....	104
<b>Tabla 84.</b> Disminución porcentual de la resistencia a la comprensión .....	105
<b>Tabla 85.</b> Matriz de consistencia.....	112

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Poliestireno expandido EPS .....	19
<b>Ilustración 2.</b> Aditivo superplastificante Z REDUCTOR SP.....	25
<b>Ilustración 3.</b> Aditivo HP-300.....	25
<b>Ilustración 4.</b> Agregados para concreto.....	26
<b>Ilustración 5.</b> Uso del concreto de alta resistencia.....	28
<b>Ilustración 6.</b> Curva de resistencia vs edad.....	28
<b>Ilustración 7.</b> Mezclado del concreto.....	30
<b>Ilustración 8.</b> Ensayo de Slump .....	31
<b>Ilustración 9.</b> Estructura del concreto en estado fresco.....	32
<b>Ilustración 10.</b> Pasta del concreto en estado fresco.....	32
<b>Ilustración 11.</b> Pasta del concreto en estado fresco.....	33
<b>Ilustración 12.</b> Curva granulométrica del agregado fino.....	48
<b>Ilustración 13.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	60
<b>Ilustración 14.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	60
<b>Ilustración 15.</b> Materiales para el ensayo de asentamiento.....	61
<b>Ilustración 16.</b> Medida del asentamiento en pulgadas. ....	61
<b>Ilustración 17.</b> Ensayo para la obtención del peso unitario compactado. ....	63
<b>Ilustración 18.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	68
<b>Ilustración 19.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	68
<b>Ilustración 20.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	75
<b>Ilustración 21.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).....	75
<b>Ilustración 22.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DPS1) .....	81
<b>Ilustración 23.</b> Resistencia a la compresión promedio por edades (DPS1) .....	81
<b>Ilustración 24.</b> Instrumento para medir la resistencia a la compresión.....	114
<b>Ilustración 25.</b> Instrumento para medir el peso unitario compactado del concreto.....	115
<b>Ilustración 26.</b> Instrumento para medir la trabajabilidad del concreto. ....	116
<b>Ilustración 27.</b> Instrumento para medir el peso específico de la arena. ....	117
<b>Ilustración 28.</b> Instrumento para medir el porcentaje de absorción de los agregados. ....	117
<b>Ilustración 29.</b> NTP 339.077 .....	119
<b>Ilustración 30.</b> NTP 339.218.....	120

<b>Ilustración 31.</b> Recibo turnitin .....	122
<b>Ilustración 32.</b> Ficha técnica Z aditivos .....	124
<b>Ilustración 33.</b> PRENSA DE CONCRETO, FORNEY. F-1100KNB-CPILOT, Serie 17027.....	125
<b>Ilustración 34.</b> CERTIFICADO DE CALIBRACION – PRENSA DE CONCRETO, PyS Equipos.....	126
<b>Ilustración 35.</b> HP – 300 Superplastificante - ULMEN.....	127
<b>Ilustración 36.</b> Ficha técnica Nanosílice HP – 300 – ULMEN.....	128
<b>Ilustración 37.</b> Neopreno utilizado para la rotura de probetas.....	129
<b>Ilustración 38.</b> ENSAYO N° 1, asentamiento para el diseño de concreto patrón corregido. ....	130
<b>Ilustración 39.</b> Ensayo del asentamiento para el diseño de concreto patrón corregido. ..	130
<b>Ilustración 40.</b> ENSAYO N° 1 – Concreto patrón, muestras en estado fresco.....	131
<b>Ilustración 41.</b> ENSAYO N° 2 – Concreto patrón, medida del asentamiento entre de 5 a 10 minutos. ....	132
<b>Ilustración 42.</b> ENSAYO N° 2 – Peso de las muestras en estado fresco.....	132
<b>Ilustración 43.</b> MUESTRA 01 – Rotura a las 24 horas.....	133
<b>Ilustración 44.</b> MUESTRA 01 – Tipo de falla.....	133
<b>Ilustración 45.</b> MUESTRA 02 – Rotura a las 24 horas.....	134
<b>Ilustración 46.</b> MUESTRA 02 – Tipo de falla.....	134
<b>Ilustración 47.</b> MUESTRA 03 – Tipo de falla.....	135
<b>Ilustración 48.</b> MUESTRA 03 – Tipo de falla.....	135
<b>Ilustración 49.</b> ENSAYO N° 3, ensayo de asentamiento entre 5 y 20 minutos después del mezclado.....	136
<b>Ilustración 50.</b> ENSAYO N° 3, Muestras en estado fresco.....	136
<b>Ilustración 51.</b> ENSAYO N° 3, Muestras en estado fresco.....	137
<b>Ilustración 52.</b> MUESTRA 04, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días.....	137
<b>Ilustración 53.</b> MUESTRA 05, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días.....	138
<b>Ilustración 54.</b> MUESTRA 05, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días.....	138
<b>Ilustración 55.</b> ENSAYO N° 4, Diseño incorporando poliestireno expandido 10%.....	139
<b>Ilustración 56.</b> ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%.....	139
<b>Ilustración 57.</b> ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%.....	140
<b>Ilustración 58.</b> ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%.....	140

<b>Ilustración 59.</b> MUESTRA N° 13, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%.....	141
<b>Ilustración 60.</b> MUESTRA N° 13, tipo de falla – EPS= 10% .....	141
<b>Ilustración 61.</b> MUESTRA N° 14, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%.....	142
<b>Ilustración 62.</b> MUESTRA N° 13, tipo de falla – EPS= 10% .....	142
<b>Ilustración 63.</b> MUESTRA N° 15, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%.....	143
<b>Ilustración 64.</b> ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10% .....	143
<b>Ilustración 65.</b> ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10% .....	144
<b>Ilustración 66.</b> ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10% .....	144
<b>Ilustración 67.</b> ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10% .....	145
<b>Ilustración 68.</b> ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10% .....	145
<b>Ilustración 69 .</b> ENSAYO N° 6, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 15 % .....	146
<b>Ilustración 70.</b> ENSAYO N° 6, Muestras con poliestireno expandido 15 % .....	146
<b>Ilustración 71.</b> ENSAYO N° 6, Muestras con poliestireno expandido 15 % .....	147
<b>Ilustración 72.</b> ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 % .....	147
<b>Ilustración 73.</b> ENSAYO N° 7, Asentamiento de la mezcla con poliestireno expandido 20 % .....	148
<b>Ilustración 74.</b> ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 % .....	148
<b>Ilustración 75.</b> ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 % .....	149
<b>Ilustración 76. Rotura de probetas,</b> EPS = 15% .....	149
<b>Ilustración 77.</b> Carga máxima a la rotura, EPS = 15% .....	150
<b>Ilustración 78.</b> Tipo de falla, diseño con EPS = 15% .....	150
<b>Ilustración 79.</b> Carga máxima a la rotura, EPS = 15% .....	151
<b>Ilustración 80.</b> Tipo de falla, EPS = 15% .....	151
<b>Ilustración 81.</b> Carga máxima a la rotura, EPS = 15% .....	152
<b>Ilustración 82.</b> Tipo de falla, EPS = 15% .....	152
<b>Ilustración 83</b> Carga máxima a la rotura, EPS = 15% .....	153

Ilustración 84 Tipo de falla, EPS = 15% .....	153
Ilustración 85Carga máxima a la rotura, EPS = 15% .....	154
Ilustración 86 Tipo de falla, EPS = 15% .....	154
Ilustración 87Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	155
Ilustración 88 Tipo de falla, EPS = 20% .....	155
Ilustración 89Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	156
Ilustración 90 Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	156
Ilustración 91Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	157
Ilustración 92Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	157
Ilustración 93Carga máxima a la rotura, EPS = 20% .....	158
Ilustración 94Tipo de falla, EPS = 20% .....	158

## Resumen

La presente investigación lleva como título “Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expando, Lima 2019” busca determinar la dosificación óptima del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto liviano de alta resistencia.

Para determinar las características con la incorporación de poliestireno expandido, fue necesario evaluar la trabajabilidad, peso unitario en estado fresco, así como la resistencia a la compresión en estado endurecido y determinar cómo influye la incorporación de poliestireno expandido por agregado grueso en porcentajes variables equivalente al volumen de EPS.

La variable independiente a evaluar es el poliestireno expandido y la dependiente es, concreto liviano de alta resistencia. El tipo de investigación es aplicada y el diseño utilizado para la investigación es experimental de nivel descriptivo, se ensayaron 48 muestras en grupos de 3 para cada diseño.

Se determinó una dosificación óptima para un concreto de alta resistencia reemplazando el peso de la piedra en 20% equivalente al volumen de poliestireno expandido, logrando una resistencia promedio a los 3 días de 183.02 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 40% de la resistencia obtenida en el concreto patrón. A los 7 días una resistencia promedio de 213.15 kg/cm<sup>2</sup>, que es el 47.37%, a los 14 días un promedio de 335.19 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 74.5% y finalmente, una resistencia de 413.73 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Asimismo, se obtuvieron pesos unitario promedio de 2418.66 kg/m<sup>3</sup> para el concreto patrón, 2338.30 kg/m<sup>3</sup>, para el diseño con reemplazo del 10% de poliestireno expandido, 2298.30 kg/m<sup>3</sup> para un diseño con 15% de poliestireno expandido, y finalmente un peso unitario promedio de 2211.32 kg/m<sup>3</sup> para una dosificación con reemplazo del 20% de poliestireno expandido. Reduciendo 207.34 kg por m<sup>3</sup> respecto al concreto patrón, lo que representa aproximadamente el 10% del peso del concreto patrón.

**Palabras Clave:** Poliestireno expandido, Eps, Concreto Liviano, Concreto Patrón.

## Abstract

The present investigation entitled "Design of a high-resistance lightweight concrete that incorporates expanded polystyrene, Lima 2019" seeks to determine the optimal dosage of expanded polystyrene in the preparation of a high-strength lightweight concrete.

To determine the characteristics with the incorporation of expanded polystyrene, it was necessary to evaluate the workability, fresh unit weight, as well as the compressive strength in the hardened state, to determine how the incorporation of expanded polystyrene influences different percentages of 10.15 and 20% of the weight of the coarse aggregate equivalent to the volume of EPS.

The independent variable to be evaluated is expanded polystyrene and the dependent variable is high-strength lightweight concrete. The type of investigation is applied and the design used for the investigation is of an experimental descriptive level.

An optimal dose for a high-strength concrete was determined, replacing the weight of the stone by 20% equivalent to the volume of expanded polystyrene, achieving an average resistance after 3 days of 183.02 kg / cm<sup>2</sup>, which represents 40% of the resistance obtained in the concrete pattern. At 7 days an average resistance of 213.15 kg / cm<sup>2</sup>, which is 47.37%, at 14 days an average of 335.19 kg / cm<sup>2</sup> equivalent to 74.5% and finally, a resistance of 413.73 kg / cm<sup>2</sup> at 28 days.

Likewise, average unit weights of 2418.66 kg / m<sup>3</sup> were obtained for standard concrete, 2338.30 kg / m<sup>3</sup>, for the design with replacement of 10% expanded polystyrene, 2298.30 kg / m<sup>3</sup> for a design with 15% expanded polystyrene, and finally an average unit weight of 2211.32 kg / m<sup>3</sup> for a dosage with 20% replacement of expanded polystyrene. Reduction of 207.34 kg per m<sup>3</sup> compared to standard concrete, which represents approximately 10% of the weight of standard concrete.

**Keywords:** Expanded polystyrene, Eps, Lightweight concrete, Standard concrete.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad problemática

El auge de la Ingeniería Civil en la actualidad se encuentra enmarcado por las megas construcciones donde se aprecia la gran magnitud de estas estructuras, que van a soportar y resistir todas las posibles situaciones a las que se vean afectadas, quedando así la curiosidad de cómo se diseñan como en el caso del concreto, que se aplica en este tipo de estructuras o cuales son las características del tipo de mezcla y la resistencia con las que se diseñan más allá de los programas y modelaciones.

En el mundo actualmente se realizan grandes estructuras como presas, reservas, puentes de grandes luces, rascacielos y entre otras más, para ello se emplea diferentes diseños no convencionales para la realización del concreto pero la mayoría de materias primas utilizadas están teniendo un fuerte aumento en su valor económico lo que conlleva a buscar nuevas alternativas de materiales que puedan ayudar a mejorar sus propiedades sobre todo mecánicas y disminuir el costo de la elaboración de este material.

En el Perú existen mega construcciones como el aeropuerto Chincheros en Cuzco, la carretera interoceánica del sur con más de 2500 kilómetros, la línea 2 del metro de Lima, el transvase de Olmos conocido también como túnel trasandino, son proyectos de gran inversión, compuestos de estructuras capaces de soportar cargas elevadas en comparación con las estructuras convencionales.

Asimismo, las construcciones de gran magnitud poseen una elevada concentración de cargas lo que repercute en la cimentación generando dimensiones considerables para los elementos estructurales lo cual no es viable, es por ello que el uso de un concreto de alta resistencia podría ayudar a disminuir las medidas de estos así como también aprovechar y ganar más área, pero presenta algunas desventajas como el ser pesado lo cual hace que tenga un mal comportamiento frente a un sismo a consecuencia de ello se propone la incorporación del poliestireno expandido esto debido a que este material presenta grandes características tal y como Silvestre (2015) indica “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 buena elasticidad [...]” (p. 6) por lo tanto, sus propiedades son compatibles con los del concreto, a su vez se destaca que es liviano por presentar un gran volumen de aire encerrado en su estructura lo cual ayuda a reducir el peso



del concreto que repercute de manera positiva en aminorar la demanda de materiales y los costos.

## **1.2 Trabajos previos**

### **1.2.1 Antecedentes internacionales:**

Quesada (2014), Instituto Tecnológico de Costa Rica, en su tesis Magistral, “Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A.” planteo como objetivo general proponer algunos diseños de mezcla adecuados que le permitan a Holcim Costa Rica S.A la elaboración de concretos livianos. El autor menciona, que los concretos livianos pueden ser elaborados de tres maneras distintas: al incluir aire en la mezcla, al utilizar agregados livianos o al reducir los finos de la mezcla. Por lo tanto, se propusieron tres categorías para ese proyecto, las cuales constan de una espuma de concreto con una densidad inferior a 1000 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión por debajo de los 5 MPa. Un concreto liviano no estructural, el cual se encuentra entre los 1000 y 1800 kg/m<sup>3</sup> con una resistencia a compresión a 28 días de entre 5 y 17 MPa y finalmente uno estructural de baja densidad, que oscila entre los 1800 y 2100 kg/m<sup>3</sup> con más de 17 MPa a 28 días.

La investigación concluye que se logró elaborar una espuma de concreto con una densidad de 765 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 1,6 MPa y un contenido de aire del 45%. Además, se obtuvo un concreto liviano no estructural, de 1581 kg/m<sup>3</sup> de densidad y una resistencia a la compresión promedio a 30 días de 16,1 MPa con un contenido de aire del 6,5% Finalmente, se obtuvo un concreto estructural de baja densidad de 2042 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión a 28 días de 35,2 MPa para un contenido de aire del 4,6%.

(Arbitto, 2016), Universidad de Cuenca Ecuador, en su tesis magistral “concreto celular para uso estructural”. Determino la sustitución del agregado fino por poliestireno expandido para reducir el peso y observar su resistencia a la compresión mediante el ensayo de rotura. Se elaboraron diseños de mezcla para concretos especiales obteniendo resultados promedios de 250 kg/cm<sup>2</sup>, reforzándose en lo establecido por AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Las muestras obtenidas sirven para. Se llegó a la conclusión que todos los concretos obtenidos presentaron valores óptimos para su uso como concreto estructural en vista que el valor mínimo que se obtuvo en resistencias fue de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Lituma y Zhunio (2015), Universidad de Cuenca – Ecuador, en su tesis Magistral “Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón” cuyo objetivo principal fue determinar la influencia de la sustitución total y parcial del árido fino por perlas de poliestireno expandido (EPS) en la masa del hormigón para reducir su peso y evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión. Y concluye con a la edad de 28 días, para los porcentajes de sustitución (arena por EPS) de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% se observaron, respectivamente, disminuciones del 2.84%, 4.28%, 7.52%, 14.73%, 17.58% y 19.08% del valor de la resistencia a compresión del hormigón de peso normal (control). Llegándose a obtener a los 28 días una resistencia promedio mínima de 205 kg/cm<sup>2</sup> para el 100% de sustitución.

### **1.2.2 Antecedentes nacionales:**

Arapa (2016), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca – Perú, en su tesis de titulación “Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante” planteo como objetivo general comparar y determinar las propiedades del concreto del concreto celular mediante el uso de espuma de poliestireno y agente. Concluye que la espuma de poliestireno es el más óptimo material ya que respecto a su masa unitaria es menor al 50 % de su densidad normal, relacionando a su peso en menor un 40% más ligero y a su vez es un 40% más térmico que un concreto tradicional por eso le convierten un concreto celular óptimo, dando como resultado, que su densidad es muy baja en relación con concretos convencionales los cuales borden los 2400 kg/m<sup>3</sup>, de los 4 especímenes de tipo bloqueta se tiene un promedio de 1073 kg/m<sup>3</sup>, la misma cantidad para briquetas con un promedio de 1329 kg/m<sup>3</sup> y de muestras rectangulares macizas una media de 1181 kg/m<sup>3</sup>.

Chuquilin (2018), Universidad Privada del Norte Trujillo-Perú, en su tesis Magistral “Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018” reemplazo el agregado fino por EPS en porcentajes variables hasta llegar al 50%, de lo cual comprobó que la dosificación y el peso unitario decrecen mientras que el asentamiento aumenta. Así también se elaboró un diseño convencional para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y uno con porcentajes de perlas de poliestireno en función del volumen del agregado fino basándose en el método del ACI 211. En el concreto convencional se obtuvo una resistencia promedio de 283 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días , mientras que el concreto con

reemplazo de EPS en porcentajes del 10%, 20%, 30%, 40% y 50% los valores fueron de 276kg/cm<sup>2</sup> ,264 kg/cm<sup>2</sup>, 256 kg/cm<sup>2</sup>, 242 kg/cm<sup>2</sup> y, 222 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, reduciendo su resistencia en 22% como máximo.

Paulino y Espino (2017), Universidad de Ciencias Aplicadas Lima-Perú, en su tesis de titulación “Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú” determina como objetivo general realizar un análisis comparativo entre los materiales como concreto simple que se le conoce comúnmente y el uso de perlitas de poliestireno mediante la fabricación de bloques de unidades al albañilería para determinar cuál se comporta mejor ante las propiedades como disminución de peso, aislamiento térmico y acústico, la investigación concluye con la reducción del 25 a 27 % del peso del concreto simple en relación al concreto patrón la cual fue de 1671 kg/m<sup>3</sup> respecto al remplazo de perlitas de poliestireno con el agregado grueso. Así también concluye que los bloques de concreto simple usando perlitas de poliestireno expandido se comportan mejor termo acústico frente a bloques de concreto convencional.

Ramírez (2018), Universidad Nacional Federico Villareal Lima-Perú, en su tesis de titulación “Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú” que tuvo como objetivo determinar la dosificación de los materiales a fin de obtener concretos livianos de alta resistencia (que satisfagan la denominación de liviandad del ACI 211.2-98 y de alta resistencia del ACI 363.2R), a través de las recomendaciones técnicas ACI, ASTM y/o procesos nuevos. La tesis concluye que es posible obtener concretos livianos de alta resistencia en los límites establecidos por el ACI 211.2-98 y el ACI 363.2R utilizando nanosílice como adición mineral. Se estableció un rango de dosificaciones que van desde los de 56.30 kg por m<sup>3</sup> de concreto (5.98% respecto al material cementicio) hasta 67.87 kg por m<sup>3</sup> de concreto (6.46% respecto al material cementicio). Los resultados indican que, para valores menores del material, en la mayoría de casos, no se consiguen concretos suficientemente plásticos o con un nivel de cohesión aceptable para formar una masa, y en otros casos se puede formar una mezcla de mejor plasticidad, no obstante, el concreto no adquiere grandes resistencias. Para valores mayores del material, se pueden obtener concretos más fluidos que decaen en sus niveles de resistencia, con valores que podrían obtenerse con porcentajes menores del nano material.

Así mismo se concluye que mediante los diseños que se lograron estudiar cuatro alcanzaron la denominación a un concreto liviano de alta resistencia en donde a los tres días sus valores que se obtuvieron fueron 414 kg/cm<sup>2</sup>, 492 kg/cm<sup>2</sup>, 510 kg/cm<sup>2</sup> y 550 kg/cm<sup>2</sup>. Las resistencias a los 56 días fueron de 562 kg/cm<sup>2</sup>, 661 kg/cm<sup>2</sup>, 755 kg/cm<sup>2</sup>, 801 kg/cm<sup>2</sup> y 891 kg/cm<sup>2</sup>. Sus densidades de equilibrio respectivamente fueron, 1719 kg/m<sup>3</sup>, 1776 kg/m<sup>3</sup>, 1808 kg/m<sup>3</sup>, 1827 kg/m<sup>3</sup> y 1844 kg/m<sup>3</sup>.

(Roldan y Vargas 2018), Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo – Perú, en su tesis de titulación “Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando sika viscoconcrete sc-50 y gaia” estudia en diferentes porcentajes la resistencia del concreto con adiciones de Nanosílice (GAIA NANOSILICE) (0.3%; 0.5%; 0.7%), en comparación con un concreto base patrón (C.P) diseñada con un Supe plastificante (viscoconcrete sc-50), propuso diseñar según la metodología establecida en el ACI 211.4 para las resistencias a compresión 420 y 600 kg/cm<sup>2</sup> la cual utilizo en tres cantidades el aditivo nanosílice siendo 0.3%, 0.5% y 0.7% en peso de cemento para cada resistencia. Logró determinar la dosificación óptima para los concretos de f'c 420 kg/cm<sup>2</sup> en 0.5% llegando a una resistencia de 448.10 kg/cm<sup>2</sup> y para 600kg/cm<sup>2</sup> en 0.5% llegando en si a una resistencia de 637.6 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Concreto liviano**

Para entender el concepto general de concreto liviano debemos conocer que el peso promedio de un concreto normal, entendiéndose por este que es concreto convencional que se usa al preparar en obra como también el premezclado proveniente de planta, es de aproximadamente 2400 kg/m<sup>3</sup>. El agregado grueso es el más influyente por su elevado peso específico y la cantidad que se requiere de acuerdo a los diseños. Enfocándonos en el tema, un concreto liviano tiene un peso de aproximadamente 1800 kg/m<sup>2</sup> que es aproximadamente un 25 % menos del peso convencional que se tiene de acuerdo a los diseños para los elementos estructurales comunes, lograr esto requiere de agregados livianos, y por lo general algún material extra que reemplace el peso de la piedra en proporciones variables, las ventajas de un concreto liviano si lo enfocamos en costo es que al tener menos peso, la cantidad de agregado a usar disminuirá, el volumen de concreto se reducirá y también las dimensiones de las estructuras cambiarán generando todo esto en conjunto una reducción en

los costos, así como también la facilidad de trabajo. Cabe mencionar que las propiedades en cuanto al aislamiento térmico, acústico y eléctrico mejora.

### **1.3.2 Concreto de alta resistencia**

Existen muchos factores que influyen en la resistencia de un concreto para determinar las características, así como el comportamiento en estado fresco y endurecido. A diferencia de un concreto liviano el concreto de alta resistencia lleva en su composición aditivos que mejoran las propiedades físicas, se sabe que el factor determinante es la relación inversa entre el agua y cemento a medida que se quiera aumentar la resistencia se necesita cemento en mayores cantidades al mismo tiempo que se reduce el agua y ante ello la necesidad de un aditivo plastificante para darle trabajabilidad a la mezcla.

Para la elaboración se aplican estudios a los agregados de manera que se pueda diseñar y cuidar los parámetros como el porcentaje de absorción, contenido de humedad, módulo de finura, porcentaje de abrasión del agregado grueso, entre otros. Las principales aplicaciones que tienen los concretos de alta resistencia es para estructuras que soportan gran magnitud de cargas como edificios rascacielos, represas, puentes, cimentación con pilotes, pavimentos rígidos, entre otros. La alta resistencia del concreto es inversamente proporcional a su elasticidad, pues los ensayos demuestran que al adquirir mayor resistencia, cambian al estado plástico provocando una falla instantánea con gran intensidad, esto debido a que el microsilíce o nanosilíce actúan en conjunto con el agregado fino produciendo una pasta altamente densa sellando los vacíos lo que provoca que la falla ya no se dé por la mala adherencia entre el agregado grueso y el fino sino por la abrasión que presenta el agregado grueso, es decir la dureza que presenta la piedra. Para que un concreto sea considerado de alta resistencia el  $f'c$  debe ser mayor a 420 kg/cm<sup>2</sup>, de esta manera se tiene un concreto patrón con el cual se van a experimentar distintas cantidades de agregado grueso y reemplazarlas para tratar de disminuir la densidad del concreto.

#### **1.3.2.1 Factores en la alta resistencia de un concreto**

##### **1.3.2.1.1 Control de temperatura**

La mezcla entre el cemento y el agua genera una reacción química que libera calor, este es conocido como el calor de hidratación que se trata de controlar mediante el curado para

evitar que la temperatura aumente y genere el endurecimiento por exceso de calor provocando grietas o fisuras en los elementos estructurales. Según “Portland Cement Association”, la contracción química se produce por la acelerada evaporación de la humedad generando exudación es decir el ascenso del agua hacia la superficie donde la gran cantidad de calor liberada, producto de la reacción química entre el cemento y el agua, producen fisuras en el concreto si no se tiene un curado adecuado. Lo que se busca es reducir la evaporación mediante tratamientos o técnicas de curado como cubiertas de láminas de plástico, retardadores de evaporación o fibras plásticas, para controlar la contracción (2004, p. 308).

La contracción y expansión del concreto se da por las reacciones con presencia de humedad así como también por el secado al aire, los concretos de alta resistencia por lo general tienden a adquirir una fragua rápida por el alto contenido de material cementante, en estos casos se debe cuidar bastante el calor de hidratación, evitando que se evapore en elementos de grandes luces como lo son las losas, si bien es cierto las grietas son evidencia de que el concreto está actuando debido al curado es decir contrayéndose y provocando pequeñas muestras de fisuras en las losas, se puede controlar la evaporación con aplicación de una membrana para el curado.

#### **1.3.2.1.2 Gradación de los agregados**

Para la obtención de concretos de alto desempeño se requieren de materiales selectos y de calidad por lo general para obtener una mayor resistencia se necesita el menor tamaño máximo posible de piedra y para la arena el mayor tamaño posible con un módulo de finura mayor a 3.2. Según el artículo CIP 33 “los agregados deben ser resistentes y durables. No es necesario que sean duros o de alta resistencia, pero si necesitan ser compatibles, en términos de rigidez y resistencia con la pasta de cemento”. No hay que dejar de lado las propiedades para seleccionar los agregados, si bien es cierto lo que garantiza una mayor resistencia es la adherencia que hay entre la pasta y la piedra, la dureza de esta también influye de cierta manera pues en algunos ensayos se ha podido visualizar que la falla se da en el agregado grueso, de manera que si hay afinidad entre el agregado grueso, el fino y la pasta de cemento esto garantiza la alta resistencia que se puede obtener en los ensayos de los testigos de concreto.

### 1.3.2.1.3 Aditivos

Son necesarios para la fabricación de concretos especiales, por lo general se utilizan en el proceso de mezcla del concreto, a su vez existen diferentes tipos de aditivos como acelerantes, retardantes, plastificantes, superplastificantes, estos últimos se diferencian en la relación de agua cemento empleada, cada uno para un determinado diseño con propiedades específicas o para ayudar a la trabajabilidad del concreto que por factores externos podría generar problemas en el vaciado.

En el caso de los concretos de alta resistencia se utilizan los superplastificantes que básicamente permiten dar trabajabilidad a la mezcla reduciendo el porcentaje de agua en el diseño, de esta manera se logra aumentar la resistencia y a la vez dar fluidez a la mezcla debido a una reacción química entre las partículas del aditivo y el cemento donde al adherirse forman en conjunto partículas con carga negativa generando una repulsión entre estas y mayor permeabilidad del agua. Es importante conocer las propiedades y los distintos mercados que producen estos aditivos para comprobar si existe un buen comportamiento en conjunto con los agregados, también calcular la dosis exacta de manera que el aditivo no trabaje como un retardante evitando el endurecimiento de la mezcla en el tiempo estimado.

La norma ASTM C -494 clasifica a los aditivos de la siguiente manera:

- **Tipo A - Reductores de agua:** Son conocidos como plastificantes y reducen la cantidad de agua entre 5% y 15%, compuestos principalmente por Sulfato de calcio y sales de Sodio y Calcio, presenta las siguientes ventajas.
  - Reduce la cantidad de cemento manteniendo la trabajabilidad de la mezcla
  - Facilita el bombeo y disminuye la segregación.
  - Retrasa los tiempos de fragua con respecto al concreto simple
  - Reduce la permeabilidad y aumenta la resistencia a la compresión y flexión.
- **Tipo B - Retardador de fragua:** En climas muy cálidos y distancias prolongadas en el transporte de la mezcla, retardan el proceso de fragua incrementando el tiempo en la trabajabilidad. Compuesto por citrato de sodio, fosfatos, boratos.

- Permite el transporte de mezcla a grandes distancias
  - Reduce el calor de hidratación y evita la alteración en la resistencia por tiempos prolongados.
  - Evitar el uso de cementos con alto contenido de sulfatos por riesgos de falsos fraguados.
- **Tipo C: Acelerantes de fragua:** Como su nombre lo dice adquieren el 60% o 100% de la resistencia a edades tempranas. Presenta en su composición Cloruro de calcio entre 0.5% a 2%, lo que permite la obtención de altas resistencias en tiempos relativamente cortos, es importante señalar que este elemento es corrosivo para el acero. Contiene compuestos orgánicos que aceleran la formación de Aluminatos tricálcicos (C3A) y Silicatos tricálcicos (C3S) componentes principales del cemento portland que le dan resistencia a la mezcla.
- Aumenta el grado de hidratación
  - Acelera los tiempos de fragua inicial y final
  - Recomendado en zonas de climas muy fríos
  - Disminuye el sangrado o separación de partículas
  - Aumenta la trabajabilidad.
  - El calor de hidratación aumenta en la fase inicial
  - En el concreto endurecido se obtienen la resistencia deseada a los 7 días en comparación con los 28 días que normalmente se espera la máxima resistencia.
  - No es recomendable para estructuras con gran cantidad de acero ya que el cloruro reduce la resistencia a los sulfatos y puede provocar la corrosión del acero al menor contacto con el agua.
- **Tipo D: Reductores de agua y Retardadores de fraguado:** Se comporta como un reductor de agua y a la vez también retarda el tiempo de fragua, su composición puede estar formada con o sin la presencia de cloruros. Por lo general se usa en concretos pre-mezclados, concretos pre-tensados sin contenido



de cloruro, concretos expansivos, entre otros. Por ser retardante permite el transporte a medianas o grandes distancias.

- **Tipo E: Reductores de agua y Aceleradores de fraguado:** Posee doble característica por su capacidad de actuar como un reductor de agua y también acelerar el tiempo de fraguado, apto para trabajar en climas fríos y cuando se requieran concretos especiales de elevadas resistencias. Mejora la consistencia de la pasta dándole trabajabilidad para el vaciado y evitando el congelamiento de la mezcla.
  - Desarrollo de resistencia en tiempos cortos.
  - Vaciado de la mezcla a temperaturas bajo 0° C.
  - Resistencia a los efectos de hielo y deshielo.
  - Reduca la exudación y sangrado.
  
- **Tipo F: Reductores de agua de alto rango:** Se les conoce como superplastificantes y tienen la capacidad de reducir en contenido de agua en un 30% se diferencias de los reductores normales por su alto rango de reducción. Son aditivos capaces de mejorar las propiedades de la mezcla. Se emplean para conferir al concreto fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad del concreto final. (López, 2002, p. 12).

Se componen de polímeros polielectrolitos solubles en agua, se utilizan aun en la industria de la construcción como aditivos de tecnología simple. A diferencia de los plastificantes, los superplastificantes son reductores de agua de mayor actividad, pertenecen a la nueva generación de aditivos por su capacidad de dispersión de las partículas cementantes otorgando así la consistencia y fluidez que demanda el diseño de concretos especiales. Existe un punto llamado punto de saturación donde es el límite de dosis de aditivo de manera que un aumento sobre estos límites genera retardos en el fraguado, dispersión de los agregados, exceso de aire atrapado, etc.

- Se presentan en forma sólida y líquida.

- Contienen sales de sodio.
  - Se clasifican en los grupos SMF, SNF Y MLS.
- **Tipo G: Reductor de agua de alto rango y retardador de fragua:** Reducen el tiempo de fragua y a la vez reducen la cantidad de agua produciendo concretos de alta calidad con un elevado Slump, apto para trabajar en zonas de temperaturas elevadas.
- Concretos fluidos
  - Reducción del agua en un 30%.
  - Facilidad en la colocación a pesar de la baja relación a/c.
  - Reducción del sangrado y segregación en la fase plástica.
  - Aumento de la densidad y reducción de la permeabilidad.
  - Reducción de grietas en la superficie dando un mejor acabado.
  - Aplicable para losas industriales.

Tabla 1. Reductores de agua

	<b>TIPO A</b> Reductor de agua	<b>TIPO B</b> Retardador de fragua	<b>TIPO C</b> Acelerantes de fragua	<b>TIPO D</b> Reductores de agua y retardantes	<b>TIPO E</b> Reductores de agua y acelerantes	<b>TIPO F</b> Reductores de agua de alto rango	<b>TIPO G</b> Reductores de agua de alto rango y retardantes
Contenido de agua, máx, % de control	95	...	...	95	95	88	88
Tiempo de colocación, considerable desviación de control, h:min Inicial: al menos no mas de	... 1:00 antes ni 1:30 después	1:00 después 3:30 después	1:00 antes 3:30 antes	1:00 después 3:30 después	1:00 antes 3:30 antes	... 1:00 antes ni 1:30 después	1:00 después 3:30 después
Final: al menos no mas de	... 1:00 antes ni 1:30 después	... 3:30 después	1:00 antes ...	... 3:30 después	1:00 antes ...	... 1:00 antes ni 1:30 después	... 3:30 después
Resistencia a la compresión, max, % de control							
1 día	...	...	...	...	...	140	125
3 días	110	90	125	110	125	125	125
7 días	110	90	100	110	110	115	115
28 días	110	90	100	110	110	110	110
6 meses	110	90	90	100	100	100	100
1 año	110	90	90	100	100	100	100
Resistencia a flexión, min, % de control							
3 días	100	90	110	100	110	110	110
7 días	100	90	100	100	100	100	100
28 días	100	90	90	100	100	100	100
Long. de cambio, max contracción (requerimientos alternativos):							
Porcentaje de Control	135	135	135	135	135	135	135
Incremento sobre el control	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Factor de durabilidad relativa, min	80	80	80	80	80	80	80

Fuente: ASTM C 494 – 99 “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete”,

#### 1.3.2.1.4 Microsílice

Es un mineral compuesto de esferas de bióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) ultrafino, amorfo y cristalino, producido durante la fabricación de silicio o ferrosilicio. Éste proceso involucra la reducción de cuarzo de alta pureza en hornos de arco eléctrico a temperaturas superiores a  $2000^\circ\text{C}$  (Pérez, 2018, p. 19). Son partículas muy finas y su característica principal es sellar los espacios vacíos que se puedan generar en la mezcla, el microsíllice por su gran finura provee al concreto un alto grado de compactación, adherencia y compacidad. Además, ayuda a controlar la exudación del agua hacia la superficie por la baja permeabilidad que presenta la pasta aumentando la resistencia con uso del superplastificante.

- La microsíllice o Silica Fume presenta una tonalidad gris clara.
- Posee una densidad relativa de 2.2, resultando por debajo del cemento portland con un valor de 3.1.
- Por la finura de sus partículas y las pequeñas cantidades que se usa en el mezclado, la densidad de la pasta no tendría variaciones considerables.
- Posee un peso unitario suelto de 150 a 300 kg.
- En comparación con el cemento portland y las cenizas, el microsíllice posee una finura considerablemente mayor.
  - Cemento Portland : 3000 – 4000  $\text{cm}^2/\text{gr}$
  - Ceniza : 4000 – 7000  $\text{cm}^2/\text{gr}$
  - Microsílice : 200000  $\text{cm}^2/\text{gr}$
- Presenta la siguiente composición química.

*Tabla 2. Composición química del microsílíce*

Constituyente	Noruega	Norte America
SiO <sub>2</sub>	90% - 96%	93.70%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5% - 3.0%	0.30%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2% - 0.8%	0.80%
MgO	0.5% - 1.5%	0.20%
CaO	0.1% - 0.5%	0.20%
Na <sub>2</sub> O	0.20% - 0.70%	0.20%
K <sub>2</sub> O	0.40% - 1.0%	0.50%
C	0.5% - 1.4%	2.60%
S	0.1% - 0.4%	0.10%
Otros	0.7% - 2.5%	2.80%

*Fuente: Morales, 2000*

En la hidratación del concreto se produce hidróxido de calcio que reacciona con el dióxido de sílice amorfo generando silicato de calcio hidratado en forma de gel, elemento principal que otorga la resistencia al concreto, aumentando la densidad de la mezcla y sellando los poros capilares. El humo de sílice y la presencia de sílice amorfo contiene características puzolanicas por lo que reacciona con el hidróxido de calcio del cemento formando hidratos de silicatos en mayores cantidades que el Ca (OH)<sub>2</sub>, este proceso químico hace referencia a la resistencia que puede alcanzar la mezcla y se da mediante la siguiente ecuación química.



Contiene una gran superficie específica cubriendo las partículas del cemento portland y sellando los vacíos que exista entre estas. En estas condiciones es necesario la solubilidad para darle fluidez a la mezcla con el uso de superplastificantes que logran reducir el exceso de agua, mejoran la dispersión de las partículas al presentar repulsión entre ellas por su carga negativa. (Gomero, 2006, p. 192).

La microsílíce cuando es aplicada al concreto presenta lo siguiente:

- a. **Calor de hidratación:** Tienden a reducirse sobre la base de los sólidos totales de la mezcla en la medida que el cemento es reemplazado por el microsílíce y comparándolo con una pasta de cemento simple. Según Gomero (2006, p.195) el calor total de hidratación puede ser reducido en un 15% a 30% dependiendo

del tipo de cemento y las proporciones de microsílíce utilizadas. Cuando el porcentaje de microsílíce no supera el 10% y se complementa con un reductor de agua de alto rango la pasta en general presenta una disminución de la temperatura por la interacción del microsílíce – lingosulfatos.

**b. Efectos sobre el concreto en estado fresco:**

- Las mezclas con adición de microsílíce son más cohesivos que los concretos normales.
- Reducen la segregación por la finura de sus partículas.
- Alteraciones en el tiempo de fraguado y mala adherencia con el exceso de otros aditivos químicos.
- Reducción significativa de la exudación por la absorción de las partículas y la gran área superficial disminuyendo la porosidad y la impermeabilidad.
- Evitar la rápida pérdida de la humedad por presencia de microsílíce para controlar la contracción plástica y agrietamiento en la superficie.
- Incrementa la densidad de la mezcla sellando los vacíos, pero sin variar el peso unitario, es decir, no produce un concreto más pesado.

**c. Efectos sobre el concreto en estado endurecido:**

- Durabilidad según el ACI por la disminución de la permeabilidad de líquidos y vapores, producto del uso de microsílíce.
- Disminuye el coeficiente de absorción de agua en comparación con los concretos convencionales.
- Mejora la resistencia por adherencia de 3 interfaces: de la pasta al agregado, de la pasta al acero y cuando se combina un concreto antiguo con uno nuevo.
- Resistencia al congelamiento.
- Resistencia a los químicos por la baja permeabilidad.
- La resistencia a la abrasión es directamente proporcional al aumento de la resistencia.

- Reduce el ingreso de iones sulfatos.
- Incremento en la resistividad a las corrientes galvánicas de corrosión.

### **1.3.2.1.5 Cemento**

El cemento es producto de la calcinación y pulverización de rocas calizas y arcillosas, tiene propiedades cohesivas y adhesivas por lo que puede reaccionar al contacto con el agua cambiando a un estado endurecido. Existen dos tipos de cementos en la industria y se diferencian según sus componentes.

#### **a. Cementos Portland**

El proceso de obtención del cemento portland comienza en las canteras con la extracción de volúmenes en cantidad de roca que son cargados y transportados por maquinarias hacia la planta para su trituración, aquí se consiguen tamaños de aproximadamente 75 mm y este será transportado mediante fajas a un nuevo almacenamiento. Luego de una serie de procesos y selección se obtienen lo que llaman harina cruda que se calcinara a más de 1200° C hasta conseguir la formación del Clinker, luego este pasa por un proceso de enfriamiento rápido para ser sometido a una molienda final donde se le agregaran los materiales necesarios para el tipo de cemento que se quiere obtener con la finura necesaria, uniforme y gran superficie específica. Finalmente es transportado para su comercialización a granel o en bolsas de 42.5 kg, luego del proceso de molienda final se forman los siguientes compuestos en reacción con el agua

- **Silicato tricálcico:** Otorga la resistencia al concreto en edades tempranas y ayuda al mantener el calor de hidratación.
- **Silicato Di cálcico:** Provee la resistencia a largo plazo.
- **Aluminato tricálcico:** Es el componente que ayuda al cemento en su resistencia a los sulfatos.
- **Oxido de Magnesio:** Se encuentra presente en pequeñas cantidades ya que en el caso opuesto perjudica al concreto por la expansión de la pasta.
- **Aluminato ferrito tetracálcico:** Actúa principalmente en la velocidad de hidratación.

#### **b. Tipos de cemento portland**

- **Cemento Portland Tipo I:** Presenta características generales sin adición de compuestos adicionales.
- **Cemento Portland Tipo II:** Contiene menores cantidades de aluminato tricálcico C3A, los sulfatos y cloruros reaccionan con el aluminato tricálcico hidratado provocando daños y agrietamiento en el concreto, cuando existe exposición al agua de mar, o cualquier otro elemento que contenga sales y cloruros se emplea el cemento tipo II, por su bajo calor de hidratación y resistencia a estos agentes.
- **Cemento Portland Tipo III:** Se caracteriza por la resistencia inicial que puede alcanzar a edades tempranas comparado con los cementos tipo I y II, presenta elevado calor de hidratación y es recomendable para climas fríos garantizando un desencofrado rápido de los elementos estructurales.
- **Cemento Portland Tipo I V:** De bajo calor de hidratación sin producirse dilataciones en la etapa de fraguado.
- **Cemento Portland Tipo V:** De gran resistencia a los ataques de sulfatos, el contenido de aluminato tricálcico es mucho menor que en el tipo III aproximadamente < 5%, apto para construcciones en contacto con fuerte contenido de sulfatos. Tienen una baja relación a/c y adquieren su resistencia de manera lenta, a pesar de sus características este tipo de cementos no ofrece resistencia a los ácidos y sustancias altamente corrosivas.
- **Cementos adicionados:** Se les llama adicionados porque son reemplazados parcialmente por escorias o puzolanas. El uso de este tipo de cementos se dio después de los conflictos bélicos entre las grandes potencias, se buscaba ahorrar energía debido a los escasos de petróleo y la ventaja de estos cementos adicionados es que se logran por medio de la molienda y no por calcinación en hornos.

Las puzolanas se componen de sílice y aluminio existe en las rocas, se obtienen por calcinación y pulverización, tiene propiedades hidráulicas favorables para el concreto dado que reacciona con el hidróxido de calcio producto de la hidratación del cemento generando nuevos compuestos que brindan resistencia



a lo largo del tiempo y reducen la permeabilidad, las escorias por su lado pueden endurecer sin la presencia de hidróxido de calcio o cemento.

### 1.3.3 Poliestireno expandido

Según las reseñas acerca del poliestireno, su obtención se dio por primera vez en Alemania hacia los años 1930 – 1950 por la compañía BASF a menos del Dr. Fritz Stastny y Karl Buchholz. Se le designa PS y se obtiene de la polimerización del estireno, en su estructura química se observa una cadena alargada de carbono e hidrogeno. El proceso de obtención básicamente consiste en la unión de partículas pequeñas para formar una mucho más grande.

*Ilustración 1. Poliestireno expandido EPS*



*Fuente: elaboración propia*

### Proceso de producción

A gran escala el etilbenceno ( $C_8H_{10}$ ) se calienta para obtener el estireno ( $C_8H_8$ ), existen tres etapas para la polimerización del estireno la iniciación, propagación y terminación. Los agentes iniciadores vendrían a ser los peróxidos que rompen sus enlaces y producen radicales libres, estos radicales libres en la etapa de propagación buscan atraer una molécula de los enlaces dobles  $C = C$  quedando así otro radical libre y sucesivamente la cadena va creciendo hasta la etapa de termino donde dos grupos de cadena se unen para complementar su radical libre. Los procesos de polimerización se dan por adición o condensación, en el primer caso cada monómero se añade por completo formando dímeros, trímeros o polímeros donde la masa del compuesto es igual a la suma de todos los monómeros utilizados en el proceso.

En el segundo caso, por condensación, en cada unión se libera una molécula de agua en donde la suma de las masas moléculas es mayor que la del polímero por la liberación de la partícula, se les denomina heteropolímeros por que las uniones que se van dando no son iguales, en el caso del poliestireno existen dos tipos:

- **Poliestireno de uso general o Poliestireno cristal (GGPS):** Sólido transparente duro, frágil y moldeable por encima de los 100° C, se utiliza con mayor frecuencia la polimerización en masa por la calidad y su facilidad en comparación con el proceso de suspensión y solución, de aquí se obtienen los derivados como los expansibles que son producto de la polimerización del estireno con el uso de agentes soplantes.
- **Poliestireno de alto impacto:** Presenta mayor resistencia y soporta impactos sin quebrarse, la obtención se puede dar por reacción o mezcla entre el poliestireno cristal y el polibutadieno.

#### **Métodos de transformación**

- **Extrusión:** El poliestireno extruido tiene propiedades similares al expandido, presenta burbujas cerradas por lo que es permeable sin perder sus propiedades aislantes.
- **Inyección:** Se funde con el calor y se inyecta un molde frío donde el plástico solidifica adoptando la forma del molde.
- **Termoformado:** Empleado principalmente para envases de alimentos, el proceso consiste en calentar una plancha termoplástica, para que el poliestireno tome forma del molde.

#### **Características del poliestireno expandido**

- Presenta una baja densidad por lo que son ligeros, según el KNAUF Therm Th3SE establece que su valor mínimo es de 19 kg/m<sup>3</sup>.
- Presenta deformaciones menores al 10% al someterse a cargas.
- Se comportan como buenos aislantes térmicos por la cantidad de aire que contienen cubierto por la estructura celular del poliestireno.

- El contenido aproximado de aire dentro de su estructura es del 98%, quedando el 2% de moléculas solidas de poliestireno.

*Tabla 3. Características del EPS*

<b>TABLA DE RESUMEN D ELAS CARACTERÍSTICAS DEL EPS - KNUTF Them Th35SE</b>	
Densidad	$\geq 19$ kg/m <sup>3</sup>
Conductividad Termica	$\geq 35$ mW/m.K
Resistencia A La Compresion 10%	$\geq 100$ k Pa
Traccion	$\geq 150$ k Pa
Flexion	$\geq 150$ k Pa
Clasificacion Al Fuego	M1 – UNE 23727
Clasificacion Alfuego	E - EUROCLASE

*Fuente: Características del poliestireno*

- Se funden a temperaturas mayores a 100° C y empieza a descomponerse si se mantiene la temperatura durante un tiempo prolongado.
- Alta resistencia físico a pesar de su baja densidad y peso.
- Aplicaciones como geosintéticos para protección ante las heladas en carreteras.
- La conductividad térmica es inversamente proporcional a la densidad.
- Para soluciones salinas el poliestireno expandido (EPS) se mantiene estable y no se destruye a pesar de la acción prolongada.
- En soluciones tenso activos el EPS se mantiene estable y no se destruye.

*Tabla 4. Propiedades químicas del poliestireno expandido*

<b>Propiedades Químicas</b>	
<b>Sustancia Activa</b>	<b>Estabilidad</b>
Solución Salina (Agua De Mar)	Estable : El Eps No Se Destruye Con Una Acción Prolongada

Jabones Y Soluciones De Tensión Activos	Estable: El Eps No Se Destruye Con Acción Prolongada
Lejías	Estable: El Eps No Se Destruye Con Acción Prolongada
Ácidos Diluidos	Estable: El Eps No Se Destruye Con Acción Prolongada
Ácido Aclorhídrico (35%)	Estable: El Eps No Se Destruye Con Acción Prolongada
Disolventes Orgánicos (Acetonas, Esteres,Ect)	No Estable: El Eps Se Contrae O Se Disuelve
Hidrocarburos Alifáticos Saturados	No Estable: El Eps Se Contrae O Se Disuelve
Aceite De Parafina, Vaselina	Relativamente Estable: En Una Acción Prolongada El Eps Puede Contraerse O Ser Atacada Su Superficie
Aceite Diese	No Estable: El Eps Se Contrae O Se Disuelve
Carburantes	No Estable: El Eps Se Contrae O Se Disuelve
Alcohol (Metanol)	Estable: El Eps No Se Destruye Con Acción Prolongada
Aceites De Silicoma	Relativamente Estable: En Una Acción Prolongada El Eps Puede Contraerse O Ser Atacada Su Superficie

*Fuente: KNAUF Therm Th35SE Propiedades del EPS, 2006*

### **El poliestireno y sus características en el concreto.**

- Aligerar el peso del concreto hasta un 50 % con el reemplazo total del agregado grueso, pero esto para fines no estructurales.
- Las densidades pueden llegar a valores relativos de 600 kg/m<sup>3</sup>.
- Según la revista *Construcción y tecnología* en concreto publicada en diciembre del 2013, el departamento de Edificación y Construcción de la Universidad de Hong Kong realizo ensayos para elaborar concretos con adición de poliestireno, donde reemplazaron el agregado grueso en porcentajes de 20, 40, 60 y 80% por perlas de poliestireno con una densidad de 24 kg/m<sup>3</sup>. Se prepararon 5 diseños donde en uno de

ellos no se adición poliestireno para comparar el comportamiento con y sin adición de este material y en cantidades variables.

- Se concluyeron densidades que varían entre los 1400 y 2100 kg/m<sup>3</sup>.
- Existe una buena distribución del poliestireno en el mortero.
- La adición de poliestireno no afecto la trabajabilidad de la mezcla.
- Según los ensayos se pudo evidenciar que la adición de EPS en la mezcla debido a su baja conductividad térmica ayudo a desarrollar la resistencia a edades tempranas y conforme el porcentaje de adición era mayor se vio mucho más representado, todo esto en comparación con el diseño sin adición de EPS.
- Se obtuvieron resistencias que oscilan entre los 13 y 40 MPa.
- La densidad y resistencia se redujeron conforme se iba aumentando el porcentaje de EPS.

El departamento de Mecánica Aplicada y Estructuras de la UNR, en su artículo “Hormigones con agregados livianos” presenta un estudio con distintos agregados livianos y sus características al contacto con la pasta de cemento, de lo que rescatamos el uso de EPS y EPS aditivo, donde se observa que el mayor uso es para fines de aislamiento que estructurales. Entre los agregados estudiados tenemos:

- **Arcilla Expandida:** Reduce el peso de las estructuras aproximadamente en un 30%, se usa por lo general en contrapisos aislantes, hormigones refractarios, concretos asfálticos.
- **Cascotes de ladrillo:** Posee un peso específico de 1350 kg/m<sup>3</sup> y una variada granulometría lo que afecta en la trabajabilidad de la mezcla. Por lo general se utilizan como hormigones de rellenos, es decir, falsas zapatas, calzaduras o cimientos corridos.
- **Escoria expandida:** Buen comportamiento hidráulico.
- **Poliestireno expandido:** Su le adiciono un aditivo para garantizar la homogeneidad de la pasta ya que tuvieron problemas con la superficie lisa y la baja densidad para la adherencia. Por otro lado, las perlas ISOCRET son aditivadas y garantizan una mayor adherencia para un diseño sin agregado logrando una homogeneidad en la pasta.

Como resultado de sus ensayos obtuvieron lo siguiente:

- **Resistencia mecánica**
  - Cascote de ladrillo > Leca > Escoria > Poliestireno expandido
- **Aislación térmica**
  - EPS > Leca > Escoria > Cascote de ladrillo

La procedencia de escoria producto de demoliciones de estructuras cuyos componentes en su esencia contienen cal, óxido de hierro y otras impurezas imposibilitan el trabajo del hormigón armado. Debido a estos sucesos y evitar incoherencias en el proceso que tiene concreto para alcanzar resistencias diseñadas y probadas se realizan diversos estudios de los agregados para que su composición sea el adecuado al momento de fusionarse. No ocurre el mismo caso con el EPS y leca que permanecen en su estado original sin producir cambios de su naturaleza.

#### Z REDUCTOR SP

Aditivo cuya función cumple con las especificaciones de la Norma ASTM C – 494 Tipo A, F y G. su uso en la construcción destaca por sus características de reductor de agua de rango superplastificantes.

Entre sus principales ventajas resaltan:

- Aumento de la plasticidad de la mezcla.
- Aumento de la resistencia inicial – final.
- Al reducir la relación agua/cemento hasta un 30% (opcional), produce concreto de alta resistencia.
- Permite mantener la mezcla fluida durante 1 a 2 horas.
- Compatible con otros aditivos siempre por separados.
- Resistencia al ciclo hielo, deshielo con el Z AER.
- Resistencia a los sulfatos.
- Menor tiempo a menor costo|

*Ilustración 2. Aditivo superplastificante Z REDUCTOR SP*



*Fuente : elaboracion propia*

HP-300 pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en la mezcla cementicia convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento. Es Adicionante, líquido, a los cementos usados para la elaboración de elementos prefabricados.

HP-300 se clasifica como aditivo tipo F (superplastificante) según ASTM C494

*Ilustración 3. Aditivo HP-300*



*Fuente: elaboración propia*

## Propiedades de los agregados

En el concreto los áridos o agregados ocupan las 3/4 partes del volumen del hormigón, lo restante de volumen está compuesto por pasta de cemento más agua. Es importante tener en cuenta las características mecánicas de estos sean los adecuados y estén libres de material impuro.

Los agregados se clasifican en dos grupos. Agregados finos y gruesos; el agregado fino pasa la malla #4 mientras los agregados gruesos no atraviesan este tamiz.

*Ilustración 4. Agregados para concreto.*



*Fuente: Elaboración propia*

**Agregados finos:** La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración de las rocas o de la trituración de las mismas y cuyo tamaño es inferior a los cinco milímetros, la arena es fundamental en el uso de la mezcla del concreto, básicamente las llamadas las arenas gruesas, porque también hay las arenas finas que se usan básicamente para el uso de acabados. La arena gruesa tiene otro uso, como el mortero, para sentar ladrillo, por ejemplo, la usamos también como Camas antes de colocar los pisos como el porcelanato, etc.



La NTP (Norma Técnica Peruana) delimita como agregado fino aquellos que llegan a pasar los tamices 3/8, N° 4, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, las que deben de estar limpias de materiales perjudiciales como de sales, materia orgánica, polvo, etc.

Contenido De Humedad- Cantidad de agua en % que tiene el agregado en estado natural

Módulo De Finura- índice que nos proporciona la cantidad de finos o grueso que contiene la muestra.

Peso Unitario Compactado- es la relación de la masa del agregado con respecto al volumen que ocupa incluyendo los espacios vacíos

Porcentaje de absorción. Es la cantidad de agua que absorbe el agregado se expresa en %

**Agregados gruesos:** Se determina como agregado grueso aquel material que queda retenido en el tamiz N° 4 y es el resultado de la desintegración o trituración de rocas. La piedra chancada o confitillo, se usa para mezclas de concreto para columnas, vigas, zapatas, etc., Los agregados son portadores de salitre, y de no ser controlados y certificados, no hay seguridad que la construcción esté libre de salitre. Hoy en día las normativas nacionales a la que está sujeto la ingeniería civil.

Contenido De Humedad- Cantidad de agua en % que tiene el agregado en estado natural

Peso Unitario Compactado - es la relación de la masa del agregado con respecto al volumen que ocupa incluyendo los espacios vacíos

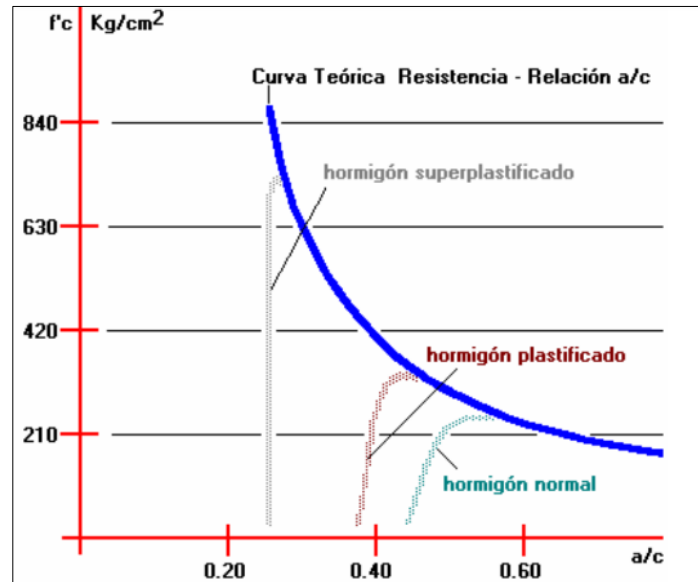
Porcentaje De Absorción - es la cantidad de agua que absorbe el agregado se expresa en %

#### **1.3.2.1.4 Relación agua cemento (a/c)**

La relación agua cemento es uno de los factores principales para aumentar o disminuir la resistencia del concreto, específicamente en los concretos de alta resistencia este factor tiende a ser bajo reduciendo la cantidad de agua y aumentando la cantidad de cemento por lo que es necesario a adición de superplastificantes reductores de agua que ayuda a la trabajabilidad de la mezcla, así como también las cenizas volantes como micro sílice o nano sílice que básicamente cubren el espacio que puede generarse dentro de la mezcla y generan un mayor grado de unión entre las partículas. Los ensayos demuestran que los concretos de

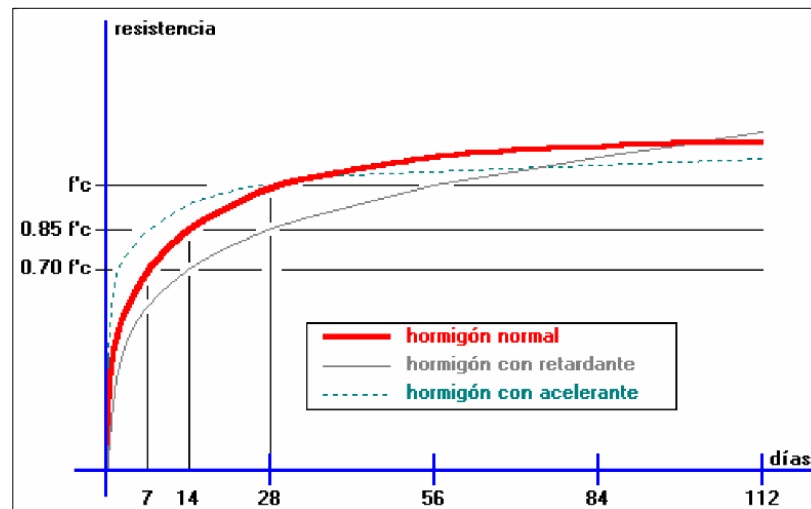
alta resistencia llegan a la falla por el tipo de agregado que se utiliza, aquí la importancia de las características de la roca mientras tenga un menor porcentaje de abrasión, se tendrá una mayor resistencia. Importancia de las características de la roca mientras tenga un menor porcentaje de abrasión, se tendrá una mayor resistencia.

**Ilustración 5.** *Uso del concreto de alta resistencia*



Fuente Romo 2008

**Ilustración 6.** *Curva de resistencia vs edad*



Fuente Romo 2008

## **1.4 Propiedades del concreto en estado fresco**

Es el concreto en su estado plástico y moldeable en el cual no se produce fraguado ni endurecimiento hasta que se llene sobre el elemento encofrado y alcance el tiempo de fragua inicial. La mezcla debe cumplir diversos criterios de aceptación desde la selección del material hasta el diseño y el proceso de mezclado para cumplir con los estándares de calidad. Para determinar las características físicas del concreto en estado fresco se hacen pruebas como trabajabilidad, contenido de aire, Peso volumétrico, con el objetivo de verificar la calidad de la mezcla y poder trabajarlo en campo.

### **1.4.1 Peso unitario**

Es la relación entre el peso y el volumen de un cuerpo, su unidad de medida es  $\text{kg/m}^3$  se usa por lo general para medir el rendimiento de la mezcla. La normal NTP 339.046 establece el ensayo para determinar el peso específico de una mezcla en estado fresco.

Para el ensayo se requiere de un molde cilíndrico de volumen conocido según el tamaño máximo de agregado, una varilla de acero lisa de  $5/8''$  de diámetro y 60 cm de longitud con bordes terminales en semiesferas.

Se habilita el molde libre de impurezas sobre una superficie plana y nivelada, se dispone la mezcla de concreto en tres capas compactadas con 25 golpes por capa con la varilla lisa, nivelado al ras en la última capa y golpeando los lados por la parte externa para eliminar los espacios vacíos. Luego de esto se pesa el recipiente con la mezcla y se le descuenta el peso del recipiente obteniendo así el peso total de la mezcla en estado fresco y compactado. Por último, se divide el peso del concreto entre el volumen de la mezcla, es decir, el volumen del recipiente.

### **1.4.2 Mezclado**

Todo concreto tiene la propiedad de ser preparado transportado y colocado en obra con ciertos estándares de calidad, posee la capacidad de adaptarse al molde o encofrado de los elementos, para ello se requiere de una mezcla homogénea sin presencia de segregación de los agregados ni exceso de fluidez sino una mezcla trabajable. Cuando el concreto es preparado en obra se debe cuidar mucho el procedimiento que se lleva a cabo para el diseño y las cantidades que se designen de piedra, arena, cemento y agua, así como la capacidad

que la mezcladora puede preparar de manera que, durante un tiempo controlado, los agregados no se segreguen o la mezcla salga demasiado seca.

*Ilustración 7. Mezclado del concreto*



*Fuente: elaboración propia*

### **1.4.3 Trabajabilidad**

Según (Botto y Santa Cruz, 2017, p. 27) nos dicen “La manejabilidad es una propiedad del concreto en estado fresco, se refiere a la facilidad con la que este puede ser: mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado, sin que pierda su homogeneidad”. La trabajabilidad del concreto en estado fresco se mide con el “SLUMP” que es un ensayo en el cono de Abrams donde el concreto se vierte en un molde en forma de cono en tres capas contiguas para finalmente retirar el molde y medir en pulgadas cuanto es que se asienta el concreto respecto al nivel superior del cono. Este ensayo nos sirve para tener la seguridad que el concreto al llegar al lugar del vaciado después de haber salido de planta, aun es trabajable.

**Ilustración 8. Ensayo de Slump**



*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 5. Revestimientos mínimos para elementos estructurales**

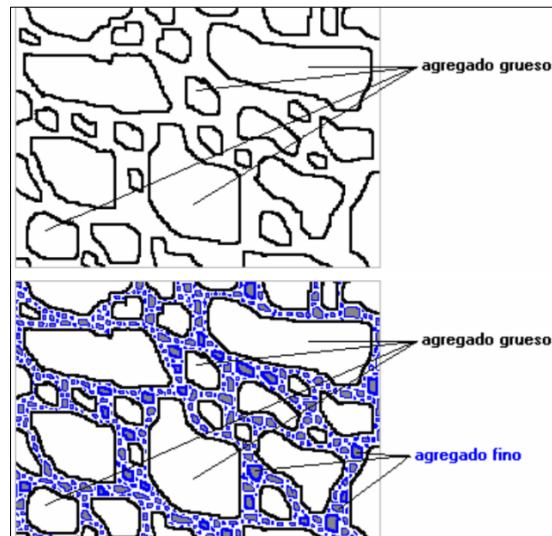
<b>TIPO DE CONSTRUCCION</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
Zapatas Y Muros De Cimentación Reforzados	3"	1"
Zapatas Simples, Cajones Y Muros De Subestructura	3"	1"
Vigas Y Muros Reforzados	4"	1"
Columnas En Edificios	4"	1"
Pavimentos Y Losas	3"	1"
Concreto masivo	3"	1"

*Fuente: ACI 211*

**1.4.4 Dosificación y estructura interna del concreto**

La dosificación que adquiere el concreto depende básicamente de las proporciones en que se mezclan los materiales, propiedades físicas, el proceso y curado respectivo. En términos generales los agregados dotan a la mezcla de una estructura interna en la que los finos (arena gruesa) se intercalan entre los gruesos (piedra chancada) para formar una pasta con el cemento.

*Ilustración 9. Estructura del concreto en estado fresco*

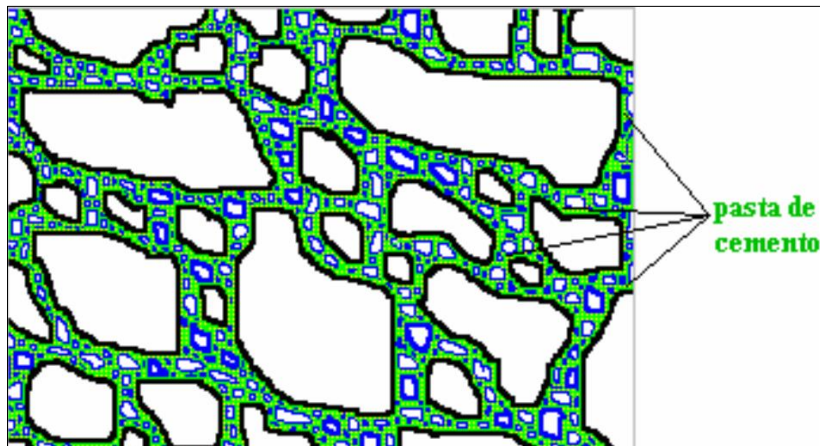


*Fuente: Romo 2008*

#### **1.4.5 Composición de la pasta del Concreto**

Compuesto por cemento más agua, esta composición colman los espacios vacíos entre partículas de áridos del concreto así mismo permite envolver completamente a los áridos.

*Ilustración 10. Pasta del concreto en estado fresco*



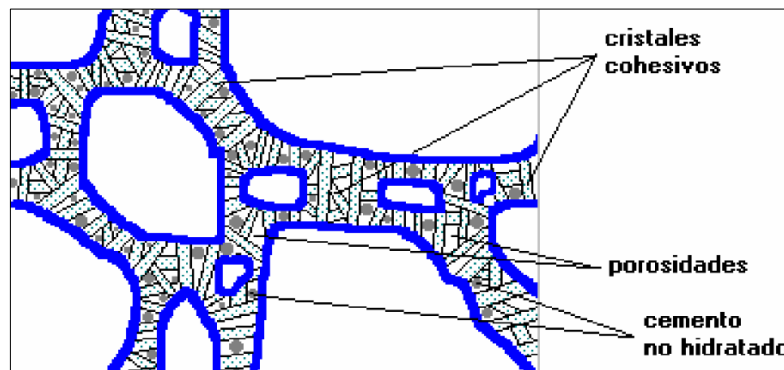
*Fuente: Romo 2008*

#### **1.4.6 Estado endurecido**

Es el cambio del concreto de estado plástico al estado endurecido donde se da la fragua inicial y el concreto empieza a adquirir resistencia por lo que este debe ser curado para lograr

su máxima dosificación, en un concreto de alta resistencia el estado endurecido se da de manera acelerada que un concreto convencional. (Salinas, 2015, p.22) afirma que: una mezcla de concreto con aire incluido que contenga cemento portland Tipo I y una relación de agua-cemento de 0.4 necesita tres días para alcanzar una resistencia a compresión de 140 kg/cm<sup>2</sup> cuando se cura a 21° C, Cuando se quiere llegar al límite, el concreto de cemento portland que contiene cemento Tipo III y aditivos aceleradores puede alcanzar 140 kg/cm<sup>2</sup> en un lapso de 4 a 6 horas.

*Ilustración 11. Pasta del concreto en estado fresco*



*Fuente: Romo 2008*

Según Romo 2008 “Durante el proceso de fraguado, la pasta de cemento da origen a cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados (P. 7)”. Mediante la formación de estos cristales el concreto va requerir agua debido a una reacción química exotérmica, este se produce durante las primeras horas y va disminuyendo.

#### **1.4.6.1 Resistencia a la compresión**

Según Silva (2017, p.76) Las estructuras se diseñan bajo ciertos criterios donde figura el estudio de la resistencia a la compresión, este ensayo consiste en aplicar una carga creciente con el tiempo, es decir los testigos son comprimidos con una fuerza que crece y que, al llegar a cierto valor, el molde ensayado sufre una falla o fisura dando por finalizado la prueba, donde se toma nota del valor registrado para analizarlo y debatirlo. Para las pruebas en concretos con altas resistencias se hace necesario un estudio un poco más amplio para determinar si existen algunos factores externos que determinan la máxima resistencia que puede alcanzar un molde de probeta. La resistencia del concreto es una característica en estado endurecido y se determina mediante el ensayo de rotura para probetas.

## **1.5 Formulación del problema**

### **1.5.1 Problema general**

¿Cuál es el porcentaje óptimo de poliestireno expandido que permite diseñar un concreto liviano de alta resistencia??

### **1.5.2 Problemas específicos**

¿Qué cambios sufren las propiedades de un concreto de alta resistencia en estado fresco incorporando poliestireno expandido?

¿De qué manera afecta la incorporación del poliestireno expandido afecta en la resistencia a compresión en un concreto de alta resistencia?

¿De qué manera influye la incorporación del poliestireno expandido en un concreto de alta resistencia?

## **1.6 Justificación del estudio**

### **1.6.1 Justificación Teórica**

La presente investigación aporta teorías referente a concretos especiales donde se busca reducir el peso unitario incorporando EPS y aplicando micro sílice para darle mayor coherencia a la pasta, esto para concretos de alta resistencia la cual servirá como base de futuras investigaciones. El trabajo pondrá al alcance la información comparativa que beneficiara a las personas que desean elaborar proyectos relacionados al tema, por ello se ha elaborado un diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia, pero con menor peso y así aplicarlo a losas rígidas, puentes o elementos estructurales en general con la finalidad de reducir las dimensiones y volumen de concreto lo que estaría generando una disminución en la carga muerta.

### **1.6.2 Justificación metodológica**

Primero, se hará la selección de los agregados, los estudios previos como peso específico, porcentaje de absorción y módulo de finura. Luego de ello se elegirá una muestra en estado fresco y endurecido para la comparación del peso por unidad de volumen de un diseño convencional de alta resistencia, frente al alivianado.

Con la información obtenida de la investigación se aportarán metodologías prácticas y



constructivas aplicadas a la ingeniería. Este estudio pondrá al alcance la información necesaria para la fabricación de un concreto liviano de alta resistencia incorporado poliestireno expandido.

## **1.7 Hipótesis características y tipos**

### **1.7.1 Hipótesis general**

Se estima que el porcentaje óptimo es igual o mayor al 20% respecto al peso del concreto.

### **1.7.2 Hipótesis específico**

La incorporación de poliestireno expandido genera un impacto positivo en las propiedades de un concreto de alta resistencia en estado fresco.

La incorporación de poliestireno expandido reduce la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia.

La incorporación de poliestireno expandido influye en la reducción del peso de un concreto de alta resistencia.

### **1.7.3 Objetivos**

#### **1.7.3.1 Objetivo general**

Determinar la dosificación óptima del poliestireno expandido en 0%, 10%, 15% y 20% en la elaboración de un concreto liviano de alta resistencia.

#### **1.7.4 Objetivo específico**

Evaluar la trabajabilidad y peso unitario de un concreto de alta resistencia en estado fresco incorporando poliestireno expandido.

Evaluar la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia en estado endurecido incorporando poliestireno expandido.

Determinar cómo influye la incorporación del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto de alta resistencia.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y Diseño de Investigación

#### 2.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo **aplicada** que según Ñaupas, Paitan, Mejia, Novoa y Villagómez (2013) nos indican que “es aquella que está orientada a resolver objetivamente los problemas de los procesos de producción, distribución circulación y consumos de bienes y servicios, de cualquier actividad humana, principalmente de tipo industrial, infraestructural, comercial, comunicacional, servicios, etc.” (p. 93). Por tal motivo, es **aplicada** porque tiene como objetivo resolver un determinado problema, lo cual es diseñar un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido.

#### 2.1.1 Diseño de investigación

“Diseño de investigación es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento” (Hernández et al, 2014, p.128).

En la presente investigación se establece un **diseño experimental** que según Hernández et al (2014) nos define que “los diseños experimentales es la intervención y manipulación de variables deliberada de variables a través de: pre- experimentos, cuasi- experimental y experimentos puros” (p. 127). Esta investigación se delibera en un diseño cuasi – experimental.

Mediante ensayos de laboratorio para testigos de concreto se manipula la variable independiente “poliestireno expandido” en pesos porcentuales respecto al volumen del agregado grueso. Esta investigación se pregunta ¿Cuál es el porcentaje óptimo de poliestireno expandido que permite diseñar un concreto liviano de alta resistencia?

#### 2.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde a una investigación descriptiva debido a que se refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo determinado (Carrasco, 2016).

## **2.2 Variables, Operacionalización.**

### **2.2.1 Variables**

**2.2.1.1 Variable dependiente:** Concreto liviano de alta resistencia

**2.2.1.2 Variable Independiente:** Poliestireno expandido

### **2.2.2 Operacionalización**

Establece cómo se va a medir las variables. La Operacionalización de variables se indica en el siguiente cuadro.

*Tabla 6. Matriz de Operacionalización*

<b>Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, lima 2019.</b>					
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE CONCRETO LIVIANO ALTA RESISTENCIA</b>	Concreto ligero estructural o concreto estructural de agregado ligero, es aquel cuya resistencia a la compresión mínima a 28 días es de 2500 psi (176 Kg/cm <sup>2</sup> ) de acuerdo a los métodos indicados en ASTM C330 y tiene una densidad de equilibrio que no excede 115 lb/ft <sup>3</sup> (1842 kg/m <sup>3</sup> ) de acuerdo a ASTM C567. Este concreto está compuesto completamente por agregados livianos o una combinación de agregado liviano y agregado de densidad normal.	El concreto liviano de alta resistencia se estudió mediante ensayo en laboratorio con el uso de testigos, observaciones y cálculos en gabinete de las propiedades del concreto todo en base a las normas técnicas peruanas.	Diseño de mezcla	Relación agua/cemento	RAZON
				Gradación y textura de agregados	
				Aditivos	
			Propiedades del Concreto liviano de alta resistencia en estado fresco	Trabajabilidad	
				Peso unitario	
			Propiedades del Concreto liviano de alta resistencia en estado endurecido.		
				Resistencia a la compresión	

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE POLIESTIRENO EXPANDIDO</b>	<p>“Material plástico artificial que deriva de la polimerización del estireno con el pentano. El poliestireno es un material que presenta diversos aspectos físicos: planchas, bovedillas, rellenos y perlitas. Esta última se utiliza como el reemplazo total del agregado grueso para la producción de concreto liviano” (Paulino y Espino, 2017, p. 36).</p>	<p>El poliestireno expandido se estudia mediante la dosificación al diseño de concreto patrón. Con el uso de materiales, herramientas del laboratorio se determinara las modificaciones que influye en el diseño de un concreto de alta resistencia.</p>	<p>Dosificación de EPS</p>	<p>10% de poliestireno expandido respecto al peso del concreto</p>	<p>RAZON</p>
				<p>15% de poliestireno expandido respecto al peso del concreto</p>	
				<p>20% de poliestireno expandido respecto al peso del concreto</p>	

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.3 Población, muestra y muestreo

### 2.3.1 Población

Según Borja (2012) la población “[...] se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (p. 30).

La población estará conformada por 48 probetas de concreto, las cuales se distribuirán de la siguiente manera tal como se muestra en la tabla, y se ensayarán en base al ACTM C39:

*Tabla 7. Cantidad de probetas a ensayar*

Edad en días	Porcentaje de poliestireno expandido respecto al peso del concreto				Total
	0%	10%	15%	20%	
3 días	3	3	3	3	12
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
<b>Total</b>	12	12	12	12	<b>48</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.2 Muestra

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Hernández et al, 2014, p. 175). Es por este motivo que la muestra consta de 3 probetas por porcentaje de adición de EPS vs el tiempo de curado correspondiente.

El muestreo es no probabilístico. según Arias (2012) “es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra” (p. 85). Asimismo, es de tipo intencional ya que “en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador” (Arias, 2012, p. 85).

Los criterios establecidos para la dosificación del poliestireno expandido fueron en base a los trabajos de investigaciones realizados anteriormente en otros países de esta manera, se propuso incorporarlo al concreto con respecto a su peso en porcentajes de 10%, 15% y 20%.

A su vez se realiza esta investigación en diferentes etapas de tiempo para analizar la resistencia del concreto respectivamente.

Por otro lado, cabe resaltar que Hernández (2014) nos indica que en las muestras no probabilísticas “[...] el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador [...]” (p. 176). Por ello no se aplica fórmula para obtener el tamaño de la muestra sino está basado en normas y criterios del investigador.

## **2.4 Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Según Arias (2012) nos define que “se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Se aplicará la observación como técnica de recolección de datos, según Arias (2012) nos establece que “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad [...]” (p. 69). Esto debido a que se visualizara el comportamiento del concreto de alta resistencia cuando se le incorpore el poliestireno expandido en diferentes etapas.

### **2.4.2 Instrumento de recolección de datos**

Para llevar a cabo los ensayos en laboratorio se usarán los instrumentos elaborados y aprobados por ingenieros civiles colegiados los cuales nos establecerán los procedimientos para realizar los ensayos, recolectar los datos deseados, etc.

### **2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento**

Los instrumentos que se van a utilizar estarán validados por 3 profesionales colegiados y otorgaran la confiabilidad para su uso.

## **2.5 Procedimiento**

Se optó por tomar como base un concreto de alta resistencia con un diseño ya estudiado en ciclos anteriores aplicando un súper plastificante en cantidades ensayadas, así como la adición de microsílíce en proporciones estudiadas de manera que los resultados del ensayo a compresión nos arrojan resultados coherentes con el diseño planteado. Según el diseño

propuesto se obtuvo una resistencia de 500 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días por lo que se esperaba con el pasar de los días se obtuviera un  $f'c = 800$  kg/cm<sup>2</sup>. Ver tabla 8.

En la misma semana se modificó el tamaño del máximo nominal del agregado grueso por 3/8". La finalidad fue lograr incrementar la masa unitaria del concreto para obtener resistencias mayores añadiendo Microsílice y súper plastificante. Sobre el diseño anterior lo cual genero algunas variantes con respecto a los pesos de los demás materiales.

En la tercera etapa sobre el diseño anterior se añadió EPS en proporciones variables con respecto al volumen del agregado grueso, la finalidad de este diseño fue en determinar la reducción del peso del concreto base ya estudiado. Con respecto al peso se obtuvieron buenos resultados; sin embargo, la resistencia disminuyo considerablemente debido al remplazo del EPS por piedra; por ello se optó volver a recalcular el diseño cambiando la relación agua/cemento y aditivo, pues la que la mezcla no era trabajable y al momento de adicionar más de este esta se plastificaba y retardaba en el tiempo de fraguado.

En la etapa se corrigen los diseños fallidos con un nuevo aditivo y nueva relación a/c de los cuales se obtuvieron buenos resultados respecto al peso, resistencia del concreto y trabajabilidad.

### **2.5.1 Procedimiento de mezclado**

Para lograr obtener concreto convencional se tiene que mezclar el agregado fino con el agregado grueso luego de esto se agrega cemento y al final el agua hasta lograr una mezcla homogénea, en concretos de alta resistencia se debe tener cuidado al momento del mezclado y el orden que se le va agregando a la mezcladora, el cambio de orden puede afectar a la resistencia; así mismo el tiempo de inclusión de cada componente puede generar resultados diferentes en un mismo diseño.

En las primeras semanas se buscó el mezclado óptimo para lograr una buena adherencia de los agregados es así que se plantearon 3 alternativas de mezclado.

Alternativa 1; en orden cronológico: mojado del trompo, mezcla inicial de agregado grueso y fino, cemento, agua 3/4, adición de microsílice, aditivo previamente mezclado con 1/4 de agua y finalmente EPS.



Alternativa 2; en orden cronológico: mojado del trompo, mezcla de agregado grueso por 2 minutos, agregado fino, cemento mezclado con microsíllice, agua 3/4, previamente mezclado con 1/4 de agua y finalmente EPS.

Alternativa 3; en orden cronológico: mojado del trompo, agregado grueso y fino, cemento, agua, microsíllice, aditivo y finalmente EPS.

Luego de comparar las diferentes alternativas de mezclado se optó por trabajar con la alternativa 3 debido a que se observó una mejor trabajabilidad del concreto en estado fresco.

## **2.6 Método análisis de Datos**

La primera etapa se realizará un estudio para determinar el laboratorio donde se haría la investigación luego des esto se realizaron cotizaciones para el súper plastificante y poliestireno expandido. Luego de obtener los productos se realizaron ensayos a los agregados como se muestra en la tabla 9.

En el análisis de datos se escogerá 48 probetas 12 para cada diseño incluyendo el concreto patrón. Se procede a la cotización de ensayos y materiales para después de la obtención determinar sus propiedades y proceder con el diseño de mezcla según ACI 211 para concretos de alta resistencia. Pasado los días estas muestras serán ensayadas en la prensa de concreto a los 3, 7, 14, y 28 días en el laboratorio donde se ensayaron los materiales.

Después de ser sometidas las muestras, mediante los instrumentos validados estas se llevarán hacia el programa Excel para ser procesados, mediante gráficos, tablas y curvas serán mostrados los resultados identificándose cada diseño.

## ENSAYO FINAL

*Tabla 8. Diseño base*

CARACTERÍSTICAS		
Probeta de control N°		3
DOSIFICACIÓN		800 kg/cm <sup>2</sup>
Cemento		16,38 kg
Arena		6,6 kg
Grava		21,06 kg
Agua		4 lt
Aditivos	Silica fume Z	1,6 kg
	Z RR plast-971	0,16 lt
Desmolde		01 de diciembre
Curado		01 de diciembre
Slump		3 pulgadas

### Resultado

Se obtuvo un resultado de incógnita, tuvo una resistencia promedio de 500 kg/cm<sup>2</sup>, con lo que se concluye un diseño apto para la resistencia obtenida a los 14 días.

Observaciones:


- Se comprobó que el Slump de diseño es igual al que se calculó en campo.
- En base a los errores del segundo ensayo se hizo corrección respectiva en cuanto a los aditivos y se usó el 1% del peso del cemento
- Se realizó control de calidad tanto para agregado grueso y fino
- Se realizó un esquema de trabajo para marcar todo los procesos, tiempos y actividades de cada integrante.
- Antes de realizar el ensayo se hizo la verificación y funcionamiento de la maquina mezcladora.
- Se realizó una mezcla inicial de cemento, arena y agua para evitar la adherencia de los agregados en la superficie interior de la mezcladora de concreto.

## **2.7 Aspectos éticos**

- Toda la información recabada (libros, tesis, artículos científicos, etc.) para la realización de este proyecto de investigación es en base a fuentes confiables como Google Académico, Alicia, Dialnet y Renati.
- Esta investigación está basada en normas técnicas peruanas lo cual garantiza su veracidad en los resultados que se obtendrán en la etapa de desarrollo.
- A su vez este proyecto presenta autenticidad esto comprobado mediante el programa Turnitin.

### **III. RESULTADOS**

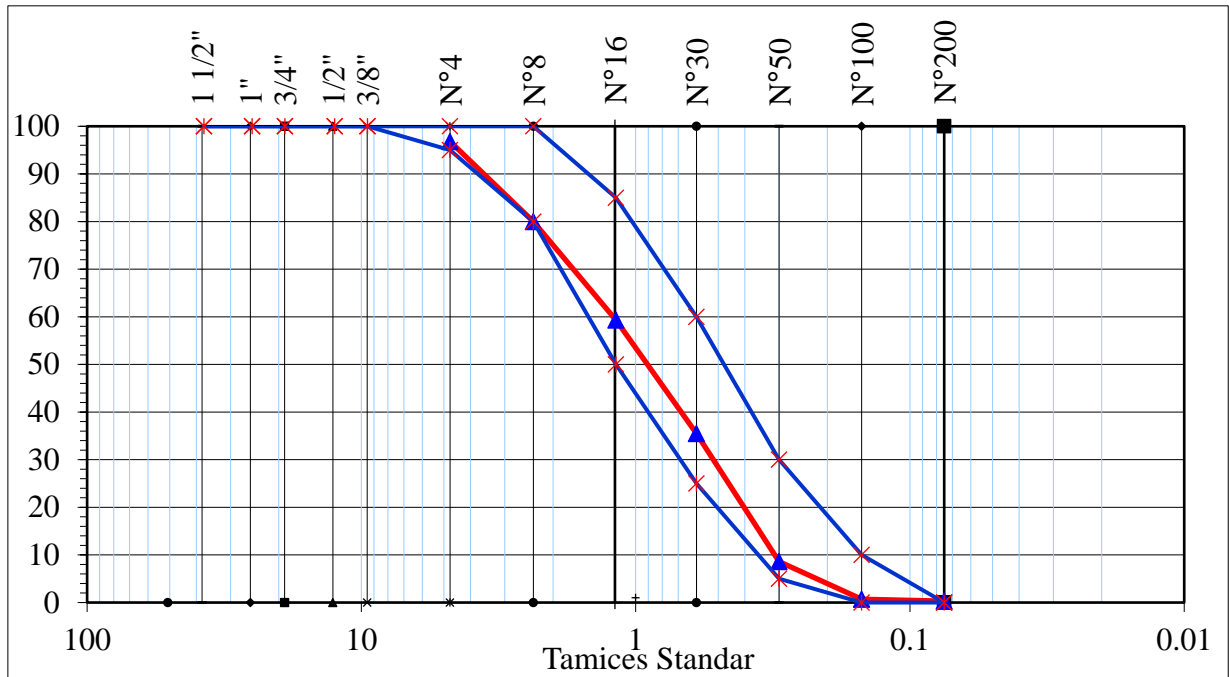
Tabla 9. Granulometría de agregado fino

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO										
AGREGADO FINO : ARENA GRUESA										
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012										
MODULO DE FINURA AGREGADO FINO										
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"										
ALUMNOS		AUJAPUCLLA ESCALANTE BONNER NORIEGA VALDIVIEZO PAUL								
DATOS DE LA MUESTRA										
Descripción:		AGREGADO FINO- ARENA GRUESA								
Proveedor :		SODIMAC								
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado Fino		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo			
3"	75.00					100	100	<b>Características Físicas</b>		
2"	50.00					100	100	Módulo de Fineza	3.19	-
1 1/2"	37.50					100	100	Mat.< Malla 200	3.00	%
1"	25.00					100	100	Contenido de Humedad	1.60	%
3/4"	19.00					100	100	Peso Específico SSS	2760.000	gr/cm <sup>3</sup>
1/2"	12.50					100	100	Absorción	2.880	%
3/8"	9.50					100	100	Peso Unitario Suelto	-	kg/m <sup>3</sup>
N° 4	4.75	32.0	3.20	3.20	96.80	95	100	Peso Unitario Compactado	1988	kg/m <sup>3</sup>
N° 8	2.36	168.0	16.80	20.00	80.00	80	100	<b>Características Químicas</b>		
N° 16	1.18	207.0	20.70	40.70	59.30	50	85	Equivalente Arena		%
N° 30	0.60	238.0	23.80	64.50	35.50	25	60	N° Impurezas orgánicas		-
N° 50	0.30	269.0	26.90	91.40	8.60	5	30	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 100	0.15	79.0	7.90	99.30	0.70	0	10			
N° 200	0.08	4.0	0.40	99.70	0.30	0	0			
Fondo	0.00	3.0	0.30	100.00	0.00	0	0			
Total		1000.0		<b>M.F.</b>	<b>3.19</b>					

Fuente: elaboración propia

**Tabla N° 9.** Se presentan los tamices desde el número 4 hasta número 200, así mismo la abertura de cada una de ellos, los pesos retenidos, acumulados y pasantes, esta tabla nos servirá para hallar el porcentaje de finos de nuestro agregado y verificar si se encuentra en los límites mínimos y máximos.

**Ilustración 12.** Curva granulométrica del agregado fino



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración N° 12.** Se aprecia la curva granulométrica y se concluye que el agregado está en el rango la cual es apropiado para nuestro concreto.

Módulo de Finura (MF)

Es un valor adimensional el cual se calcula mediante la sumatoria porcentual de los valores retenidos acumulados en las mallas válidas.

$$MF = \sum \frac{\% \text{ Ret acum N 4} + \text{N 8} + \text{N 16} + \text{N 30} + \text{N 50} + 100}{100}$$

- **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que está retenido en el agregado fino, a continuación, se describe el procedimiento de ensayo.

Paso 1. Se procede a pesar 500 gr de la muestra en estado natural

Paso 2. Luego de tener el peso, se mete al horno por 24 h

Paso 3. Se pesa la muestra retirada del horno

Se optó por tres muestras para determinar el promedio y tener un valor más confiable.

*Tabla 10. Contenido de humedad de agregado fino*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"				
Alumnos:	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep			
	Noriega Valdiviezo Paul Natanel			
instrumento para contenido de humedad de agregado fino				
AGREGADO FINO				
CÁLCULOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III
A	Peso del material en estado natural	500	500	500
B	peso del material secado al horno	491	493	492
$(A-B)*100/B$	<b>contenido de humedad</b>	1.83%	1.42%	1.63%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.63%</b>		

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla N° 10.** En esta tabla se muestra el contenido de humedad del agregado fino, lo cual tiene como resultado 1.63%. La finalidad de este ensayo es determinar las condiciones de humedad que presenta el agregado fino cuyo valor nos permite hacer una corrección en el diseño de mezcla del concreto.

- Porcentaje de absorción

*Tabla 11. Porcentaje de absorción del agregado fino*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"				
Alumnos:				
		<b>Aujapuella Escalante Bonner Jhosep</b>		
		<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>		
<b>instrumento para % de absorción de agregado fino</b>				
<b>AGREGADO FINO</b>				
CÁLCULOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III
A	peso de la arena secada al horno	486	487	485
B	peso de la arena saturada superficialmente seca	500	500	500
(B-A)/A*100	<b>% de absorción</b>	2.88%	2.67%	3.09%
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.88%</b>		

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla N° 11.** En esta tabla se muestra el % de absorción de agregado fino, presenta un % de absorción de 2.88%. La finalidad es saber la cantidad de agua que absorbe el agregado fino para así poder hacer un recalcu con el agua de mezclado en el diseño de mezcla del concreto.

### AGREGADO GRUESO

*Tabla 12. Porcentaje de absorción del agregado grueso*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"				
Alumnos:				
		<b>Aujapuella Escalante Bonner Jhosep</b>		
		<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>		



instrumento para % de absorción de agregado grueso				
AGREGADO grueso				
CÁLCULOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III
A	peso de la muestra secada al horno	496	496	494
B	peso de la muestra saturada superficialmente seca	500	500	500
(B-A)/A*100	% de absorción	0.81%	0.79%	1.13%
PROMEDIO		0.91%		

Fuente: elaboración propia

- **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que está retenido en el agregado grueso, a continuación, se describe el procedimiento de ensayo.

Paso 1. Se procede a pesar 500 gr de la muestra en estado natural

Paso 2. Luego de tener el peso, se mete al horno por 24 h

Paso 3. Se pesa la muestra retirada del horno

Se optó por tres muestras para determinar el promedio y tener un valor más confiable, a continuación, se muestra.

*Tabla 13. Contenido de humedad del agregado grueso*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"				
Alumnos:				
Aujapuella Escalante Bonner Jhosep				
Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
instrumento para contenido de humedad de agregado grueso				
AGREGADO GRUESO				
CÁLCULOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III
A	Peso del material en estado natural	1000	1000	1000
B	peso del material secado al horno	989	990	991
(A-B)*100/B	contenido de humedad	1.11%	1.01%	0.91%
PROMEDIO		1.01%		

Fuente: elaboración propia

**Tabla N° 13.** En esta tabla se muestra el contenido de humedad del agregado grueso, lo cual tiene como resultado 1.01%. La finalidad de este ensayo es determinar las condiciones de humedad que presenta el agregado fino cuyo valor nos permite hacer una corrección en el diseño de mezcla del concreto.

**Tabla 14.** Datos para diseño de concreto patrón

DATOS				
DESCRIPCIÓN	CEMENTO	AGUA kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Marca	SOL	POTABLE	-	-
P. Especifico	3150	1000	2760	2780
Tipo	I	-	-	-
% Absorción	-	-	2.88%	0.91%
Contenido humedad	-	-	1.60%	1.01%
Peso Unitario Compactado	-	-	1988.14	1591.85
Modulo Finura	-	-	3.19	-

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla N° 14.** En la presente tabla se muestran las características de materiales que componen al concreto para el diseño patrón. En la siguiente tabla muestra la dosificación.

### Diseño Concreto Patrón

**Tabla 15.** (métrica) dependencia entre la relación agua-material cementante y a la resistencia a compresión del concreto

Relación agua- material cementante en masa		
F'c 28 días ( kg/cm <sup>2</sup> ) (Mpa)	concreto si aire incluido	concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

*Fuente: ACI*

**Tabla 16.** Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes revestimientos y tamaños Máximos Nominales del agregado

<b>agua, kg/m<sup>3</sup> de concreto, para los tamaños de agregado indicado</b>								
(asentamiento) (mm)	9.5 mm	12.5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
<b>concreto sin aire incluido</b>								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	-
cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>concreto con aire incluido</b>								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	-
Contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, %.								
Exposición leve	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición severa	7.5	7	6	5.5	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI

**Tabla 17.** Tamaño Máximo Del Agregado Grueso

<b>RESISTENCIA REQUERIDA DEL CONCRETO(KG/CM<sup>2</sup>)</b>	<b>TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO</b>
< 630	3/4" - 1"
> 630	3/8" - 1/2"

Fuente: Portugal 2016

**Tabla 18.** Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (para ag. fino con módulo de finura de 2.5- 3.2)

<b>TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO</b>	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>
<b>FRACCIÓN VOLUMÉTRICA Psag</b>	0.65	0.68	0.72	0.75

Fuente: Portugal 2016

*Tabla 19. Relación agua/materiales cementicios para concretos con superplastificante*

RESISTENCIA PROMEDIO $f'_{cr}$ KG/CM2	EDAD (DIAS)	RELACIÓN A/C PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS INDICADOS			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28	0.49	0.47	0.45	0.42
	56	0.54	0.51	0.47	0.45
550	28	0.44	0.42	0.4	0.39
	56	0.49	0.46	0.43	0.41
600	28	0.4	0.38	0.36	0.35
	56	0.44	0.41	0.39	0.37
650	28	0.36	0.35	0.33	0.32
	56	0.4	0.38	0.36	0.34
700	28	0.33	0.32	0.31	0.3
	56	0.37	0.35	0.33	0.32
750	28	0.31	0.3	0.28	0.28
	56	0.34	0.32	0.3	0.3
800	28	0.29	0.28	0.26	0.26
	56	0.32	0.3	0.28	0.28
850	28	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	0.3	0.28	0.27	0.26

*Fuente: Portugal 2016*

- **Procedimiento para diseño**

CONCRETO PATRON:  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$

1. Selección de Slump y resistencia requerida

$$f'_{cr} = \frac{f'c + 98}{0.9}$$

$$f'_{cr} = \frac{450 + 98}{0.9} = \frac{548}{0.9}$$

$$f'_{cr} = 608.89 \text{ kg/cm}^2$$

De la *tabla 17*. se verifica el % de agregado a usar respecto al peso unitario compactado

$$W \text{ seco} = 0.68 \times 1591.85 = 1082.45 \text{ kg/m}^3$$

Estimación de agua de mezclado y contenido de aire. se obtiene el contenido de agua de 195 kg y un contenido de aire de 2.5%.

A Continuación, se calcula el contenido de aire del agregado fino mediante la siguiente expresión:

$$V = \left(1 - \frac{\text{Peso Unitario}}{\text{Peso especifico}}\right) \times 1000$$

$$V = \left(1 - \frac{1988.14}{2760}\right) \times 1000$$

V= 27.96% contenido de vacíos del agregado fino.

Ajuste al mezclado:

$$A = 4.72 (35 - V)$$

$$A = 4.72 (35 - 27.96)$$

$$A = 4.72 \times 7.04$$

$$A = 33.23 \text{ kg}$$

Entonces el agua de mezclado será:

$$W = 195 + 33.23 = \mathbf{228.23 \text{ kg}}$$

Selección agua/material cementante, datos obtenidos de la 19

Se conoce la cantidad de agua = 228.33 kg

Para agregado 3/8" y  $f'_{cr}$  = de 548 kg/cm<sup>2</sup>

Relación a/c = 0.38 por interpolación, la cual coincide con la **tabla 15** del ACI para una resistencia de 450 kg/cm<sup>2</sup>.

Cálculo de material cementante:

$$\text{Cemento} = 228.33 / 0.38 = 600.86 \text{ kg}$$

Proporciones básicas de material por m<sup>3</sup>

$$\text{Cemento} = 600.86 / 3150 = 0.19 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1082.45 / 2780 = 0.38 \text{ m}^3$$

Aire = 0.025 m<sup>3</sup>

Agua = 0.228 m<sup>3</sup>


Sumatoria = 0.82 m<sup>3</sup>

Agregado fino = 1 - 0.82 = 0.18 m<sup>3</sup>

Agregado fino = 0.18 x 2760 = 496.8 kg

Las proporciones en kg/m<sup>3</sup> serán:

*Tabla 20. Diseño de concreto patrón 450 kg/cm<sup>2</sup> (DCP1)*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019							
INTEGRANTES							
AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER							
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL							
							
DESCRIPCIÓN	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	a/c	SLUMP	Z REDUCTOR SP	EPS	DISEÑO
Cemento	600.89	0.19	0.38	2-4"	1.8%	-	DCP1
Agregado grueso	1082.64	0.38					
Agregado fino	496.8	0.18					
Agua	228.23	0.223					
aire	2.5%	0.025					
Microsílice	-	-					
Z reductor sp	11.05	-					
<b>PESO</b>	<b>2408.12</b>	<b>1.00</b>					

*Fuente: elaboración propia*

- **Ajuste por el contenido de agua de los agregados**

Contenido de Humedad del Agregado Grueso (A.G) = 1.01 %

Contenido de Humedad del Agregado Fino (A.F) = 1.6 %

Se corrige el contenido de agregado teniendo en cuenta el contenido de humedad, para la mezcla con solo cemento se tiene:

A.G corregido = 1082,46(1+0.0101) = **1083.55 Kg**

$$A.F \text{ corregido} = 496.8 (1+0.016) = \mathbf{504,74 \text{ Kg}}$$

Corregimos el agua de mezclado tomando en cuenta la absorción de los agregados:

$$\text{Agua de mezclado corregida} = 228.33 - 496.8 (0.016 - 0.0288) - 1082.46 (0.0101 - 0.0001) \\ = \mathbf{233.27 \text{ kg/m}^3}$$

Así mismo corregimos el contenido de cemento con la nueva proporción de agua:

$$0.38 = 233.27 / \text{cemento} = \mathbf{613.86 \text{ kg/m}^3}$$

La siguiente tabla muestra los pesos corregidos de los materiales


*Tabla 21. Diseño final de concreto patrón 450 kg/cm<sup>2</sup> corregido (DCP2)*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019							
INTEGRANTES							
AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER							
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL							
DISEÑO CONCRETO PATRON CORREGIDO							
DESCRIPCIÓN	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	a/c	SLUMP	Z REDUCTOR SP	EPS	DISEÑO
Cemento	613.86	.19	0.38	3-4"	1.8%	-	DCP2
Agregado grueso	1083.55	.38					
Agregado fino	504.74	.18					
Agua	233.27	.23					
Microsílice	-	-					
Aire	2.5%	0.025					
Z reductor sp	11.05	-					
<b>Peso</b>	<b>2435.44</b>	<b>1</b>					

*Fuente: elaboración propia*

La *tabla N° 21* muestra las cantidades de los agregados, cemento, agua y aditivo por m<sup>3</sup> para el diseño del concreto patrón corregido, con un  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días empleando un superplastificante de alto rango con un 40% de reducción de agua, como primera opción y una relación a/c de 0.38. A continuación, se muestran los resultados para los ensayos en estado fresco y la resistencia obtenida a los 1, 3, 7, 14 y 28 días de curado con una temperatura ambiente promedio.

**Tabla 22. Resistencia a la compresión (DCP2)**

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>						
<b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA</b>						
<b>Laboratorio de Mecánica de suelos - Escuela profesional de Ingeniería Civil</b>						
<b>Tesis</b>	" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"					
<b>Alumnos:</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel					
<b>Asunto:</b>	Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido					
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.034					
<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>						
<b>Concreto sin EPS</b>						
<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
Muestra 01	5/11/2019	1	176.72	31895.00	<b>180.49</b>	Tipo 3
Muestra 02	5/11/2019	1	176.72	32560.00	<b>184.25</b>	Tipo 3
Muestra 03	5/11/2019	22 hrs	176.72	26970.00	<b>152.61</b>	Tipo 3
Muestra 04	5/11/2019	3	176.72	44230.00	<b>250.28</b>	Tipo 2
Muestra 05	5/11/2019	3	176.72	42345.00	<b>239.62</b>	Tipo 2
Muestra 06	5/11/2019	3	176.72	44020.00	<b>249.09</b>	Tipo 4
Muestra 07	5/11/2019	7	176.72	47470.00	<b>268.62</b>	Tipo 1
Muestra 08	5/11/2019	7	176.72	49200.00	<b>278.41</b>	Tipo 3
Muestra 09	15/11/2019	14	176.72	56835.00	<b>321.61</b>	Tipo 4
Muestra 10	15/11/2019	14	176.72	68025.00	<b>384.93</b>	Tipo 4
Muestra 11	5/11/2019	28	176.72	85995.00	<b>486.62</b>	Tipo 3
Muestra 12	5/11/2019	28	176.72	84175.00	<b>476.32</b>	Tipo 3

*Fuente: elaboración propia*



**Tabla N° 22.** Se muestra la resistencia a la compresión obtenida del concreto patrón obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 23.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2)

<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>					
<b>Concreto sin EPS</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga</b>	<b>Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de falla</b>
<b>MUESTRAS</b>	1	176.72	30475.00	<b>172.45</b>	Tipo 3
	3	176.72	43531.67	<b>246.33</b>	Tipo 3
	7	176.72	48335.00	<b>273.51</b>	Tipo 3
	14	176.72	62430.00	<b>353.27</b>	Tipo 3
	28	176.72	85085.00	<b>481.47</b>	Tipo 3

*Fuente: elaboración propia*

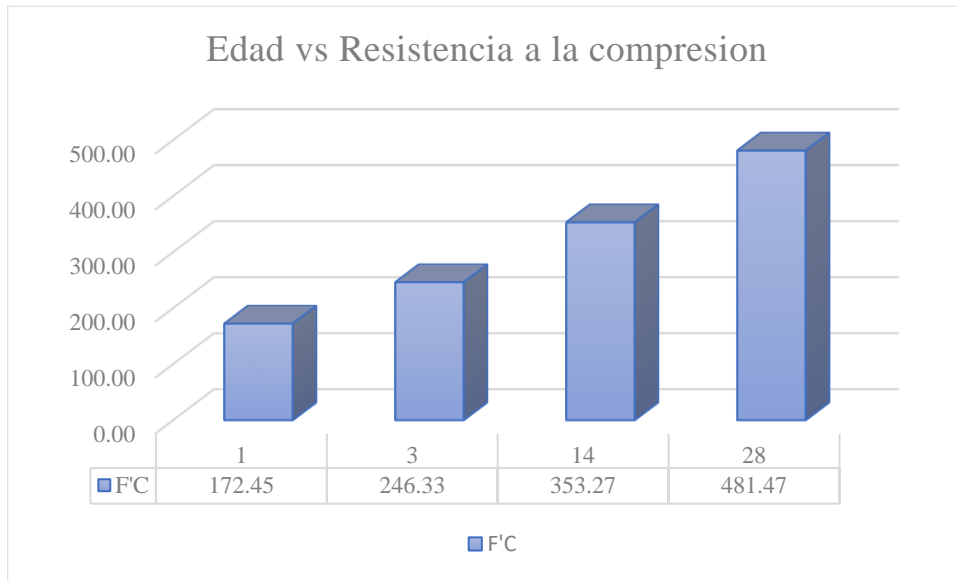
Como se puede observar en la **tabla N° 23** y según los ensayos realizados, tenemos una resistencia promedio de **172.45 Kg/cm<sup>2</sup>** a las 24 horas lo cual representa un **38.32 %** de la resistencia final.

A los 3 días de curado se obtuvo un **54.74%** de la resistencia lo que concuerda con las teorías acerca de la resistencia del concreto para cada edad de curado.

A los 14 días se obtuvo una resistencia promedio del **78.50%** de la resistencia de diseño.

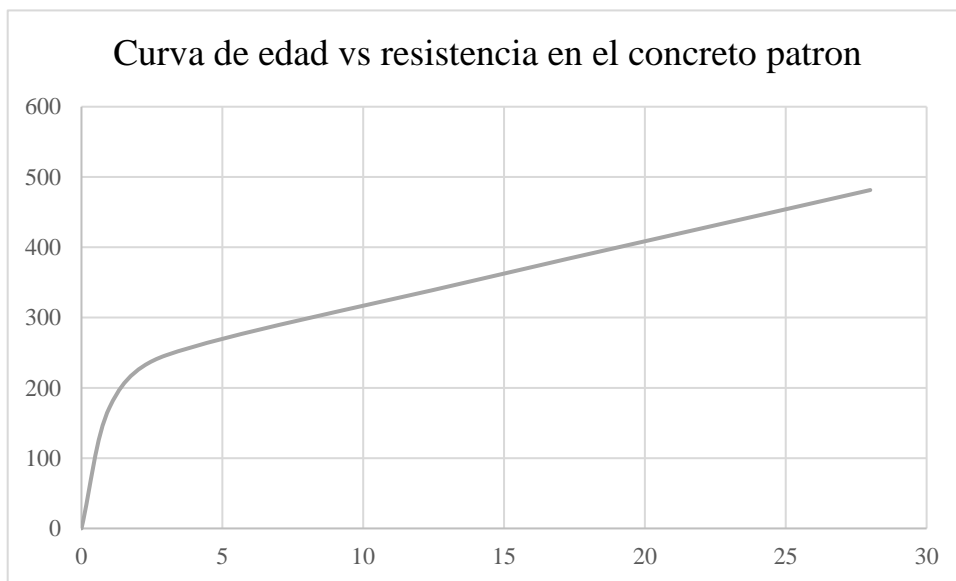
Finalmente, a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia final de **481.47 Kg/cm<sup>2</sup>**, con lo que se deduce que el diseño empleado para el concreto patrón es el esperado.

**Ilustración 13.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).



*Fuente: Elaboración propia*

**Ilustración 14.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).



*Fuente: elaboración propia*

- **Ensayo de trabajabilidad – concreto patrón**

Para el ensayo de trabajabilidad según la NTP 339.035 se coloca 3 capas de mezcla compactadas con 25 golpes por capa con una varilla liza de metal de 60 cm, para finalmente una vez obtenido una superficie homogénea retirar el cono de abrams, y medir el asentamiento de la mezcla desde el nivel superior del cono invertido hasta la altura promedio de la mezcla de concreto.

*Ilustración 15. Materiales para el ensayo de asentamiento.*




*Fuente: elaboración propia*

*Ilustración 16. Medida del asentamiento en pulgadas.*



*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 24.** Resultados del ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco.

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>					
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
<b>Asunto</b>	Ensayo para la medición del asentamiento				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.035				
<b>Instrumento para determinar el asentamiento del concreto con el cono de abrams - Concreto patrón</b>					
<b>MUESTRA</b>	<b>SLUMP</b>				
	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>	<b>Tiempo 4</b>	
	<b>0'</b>	<b>10'</b>	<b>15'</b>	<b>20'</b>	
Muestra 01	7"	6.5"	4.5"	4.5"	
Muestra 02	7"	6.5"	4.5"	4.5"	
Muestra 03	7"	6.5"	4.5"	4.5"	
Muestra 04	6"	4"	2"	2"	
Muestra 05	6"	4"	2"	2"	
Muestra 06	6"	4"	2"	2"	
Muestra 07	6"	4"	2"	2"	
Muestra 08	8"	7"	6.5"	6"	
Muestra 09	8"	7"	6.5"	6"	
Muestra 10	8"	7"	6.5"	6"	
Muestra 11	8"	7"	6.5"	6"	
Muestra 12	8''	7''	6.5''	6''	

*Fuente: elaboración propia*

Para el ensayo de trabajabilidad se tomaron medidas cada 5 y 10 minutos para observar cómo se comportaba la mezcla respecto a la cantidad de aditivo empleado en el diseño, se ha comprobado que en un tiempo de aproximadamente 20' el Slump disminuye entre 2 y 4'', ahora esto puede variar de acuerdo a las condiciones de los agregados, tipo de mezclado y tiempo de batido de la mezcla ya que algunos aditivos demoran en reaccionar y dar trabajabilidad a la muestra.

- **Determinación del peso unitario compactado del concreto patrón**


El peso unitario compactado del concreto o densidad, es la medida de la cantidad de masa por unidad de volumen que ocupa la mezcla, para ello la norma establece su determinación mediante la olla de Washington donde se colocan 3 capas de mezcla compactadas con 25 golpes entre capa y capa y una vez obtenida una superficie homogénea y enrasada, pesarlo en conjunto, luego de obtener este dato, restar el peso de la olla para finalmente dividir entre el volumen del recipiente obteniendo así el peso unitario compactado el cual tiene como unidad de medida (Kg/m<sup>3</sup>)

*Ilustración 17. Ensayo para la obtención del peso unitario compactado.*



*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 25. Resultados del ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco.*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>Tesis</b>	<b>" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>				
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
<b>Asunto</b>	Ensayo para el peso unitario del concreto en estado fresco				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.046				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos - Concreto Patrón</b>					
Muestra	P.Recipiente	P. concr. Fresco + Pr	P. concreto Fresco	Vol. m3	PUC (Kg/m3)
Muestra 01	2.759	15.765	13.006	0.0053	<b>2453.96</b>
Muestra 02	2.759	15.810	13.051	0.0053	<b>2462.45</b>
Muestra 03	2.759	15.732	12.973	0.0053	<b>2447.74</b>
Muestra 04	2.759	15.283	12.524	0.0053	<b>2363.02</b>
Muestra 05	2.759	15.50	12.743	0.0053	<b>2403.96</b>
Muestra 06	2.759	15.563	12.804	0.0053	<b>2415.85</b>
Muestra 07	2.759	15.45	12.691	0.0053	<b>2394.53</b>
Muestra 08	2.759	15.563	12.804	0.0053	<b>2415.85</b>
Muestra 09	2.759	15.715	12.956	0.0053	<b>2444.53</b>
Muestra 10	2.759	15.504	12.745	0.0053	<b>2404.72</b>
Muestra 11	2.759	15.589	12.830	0.0053	<b>2420.75</b>
Muestra 12	2.759	15.461	12.702	0.0053	<b>2396.60</b>

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 26. Peso unitario compactado promedio del concreto en estado fresco.*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos - Concreto Patrón</b>					
<b>Muestra</b>	<b>P.Recipiente</b>	<b>P.concr. Fresco + Pr</b>	<b>P. concre. Fresco</b>	<b>Vol. m3</b>	<b>PUC (Kg/m3)</b>
Muestra	2.759	15.577	12.818	0.0053	<b>2418.66</b>

*Fuente: elaboración propia*

Según la **tabla N° 26** Diseño de concreto patrón, el peso unitario teórico de nuestra muestra es de **2456 kg/m3** del cual mediante los ensayos realizados a 12 muestras se ha obtenido un peso unitario compactado promedio de **2418.66 kg/m3**, esto debido a que los agregados no siempre se distribuyen de manera uniforme en su totalidad, de este resultado se obtiene un rendimiento de 98.48% el cual se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma, 0.96 y 1.06.

### **DISEÑO DE MEZCLA INCORPORANDO 10% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (DPS 3)**

*Tabla 27. Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 10%. (DPS3).*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>							
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019</b>							
<b>INTEGRANTES</b>							
<b>AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER</b>							
<b>NORIEGA VALDIVIEZO PAUL</b>							
				<b>0.0053</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Slump</b>	<b>Hp-300</b>	<b>P/probeta</b>	<b>A/C</b>	<b>Eps</b>	<b>Diseño</b>
Cemento	613.86	3-4"	1.25%	3.25	0.38	10.0%	<b>DPS 03</b>
Agregado grueso	975.195			5.17			
Agregado fino	504.74			2.55			
Agua	233.27			1.24			
Microsílice	73.66			0.39			
Aditivo	7.67			0.04			
Eps piedra	108.36			0.57			
	<b>2,327.31</b>			<b>12.21</b>			

*Fuente: elaboración propia*

En el diseño que muestra la **tabla 28** se reemplazó el 10% del peso del agregado grueso equivalente al volumen de poliestireno expandido para garantizar la reducción del peso unitario del concreto, como se puede observar, se tiene un peso teórico de **2303.07 kg/m<sup>3</sup>** con el cual evaluaremos el rendimiento de la mezcla para este caso con los ensayos respectivos.

- **Ensayo de resistencia a la compresión con EPS = 10%**

**Tabla 28.** Resistencia a la compresión EPS = 10% (DPS1).

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>						
<b>ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA</b>						
<b>Laboratorio de Mecánica de suelos - Escuela profesional de Ingeniería Civil</b>						
<b>Tesis</b>	" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"					
<b>Alumnos:</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel					
<b>Asunto:</b>	Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido					
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.034					
<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>						
<b>EPS = 10%</b>						
Muestra	Fecha de toma de muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
Muestra 13	8/11/2019	1	176.72	28200.00	<b>159.57</b>	Tipo 2
Muestra 14	8/11/2019	1	176.72	28700.00	<b>162.40</b>	Tipo 4
Muestra 15	8/11/2019	1	176.72	22605.00	<b>127.91</b>	Tipo 1
Muestra 16	8/11/2019	1	176.72	30965.00	<b>175.22</b>	Tipo 4
Muestra 17	25/11/2019	3	176.72	40295.00	<b>228.02</b>	Tipo 2
Muestra 18	25/11/2019	3	176.72	42325.00	<b>239.50</b>	Tipo 3
Muestra 19	25/11/2019	3	176.72	43775.00	<b>247.71</b>	Tipo 1



Muestra 20	5/11/2019	3	176.72	51630.00	<b>292.16</b>	Tipo 3
Muestra 21	5/11/2019	14	176.72	65095.00	<b>368.35</b>	Tipo 4
Muestra 22	5/11/2019	14	176.72	74320.00	<b>420.55</b>	Tipo 3
Muestra 23	5/11/2019	28	176.72	81200.00	<b>459.48</b>	Tipo 2
Muestra 24	5/11/2019	28	176.72	82050.00	<b>464.29</b>	Tipo 4
Muestra 25	5/11/2019	28	176.72	84165.00	<b>476.26</b>	Tipo 1

*Fuente: elaboración propia*

De los resultados obtenidos en las muestras se tiene el siguiente resumen promedio de la resistencia obtenida con la incorporación del 10% de poliestireno expandido.

**Tabla 29.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).

<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>					
<b>EPS = 10%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga</b>	<b>Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de falla</b>
<b>MUESTRAS</b>	1	176.72	27617.50	<b>156.28</b>	Tipo 3
	3	176.72	44506.25	<b>251.85</b>	Tipo 3
	14	176.72	69707.50	<b>394.45</b>	Tipo 3
	28	176.72	82471.50	<b>466.68</b>	Tipo 3

*Fuente: elaboración propia*

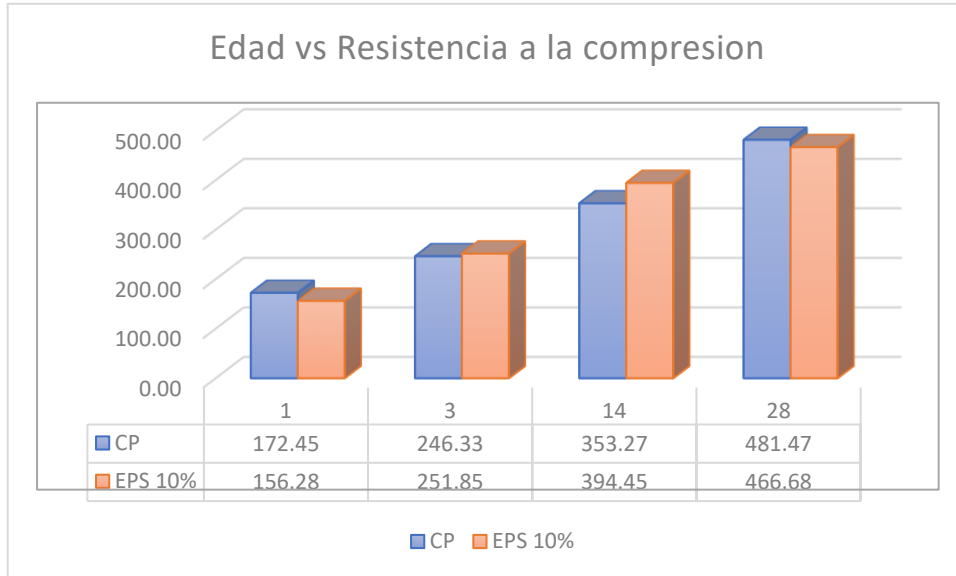
De la **tabla N° 29** se tiene que para la mezcla con 10% de poliestireno expandido a las 24 horas de fraguado la mezcla alcanza una resistencia promedio de **156.28 kg/cm<sup>2</sup>** lo que representa un **34.73%** de la resistencia patrón.

A los 3 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de **251.85 kg/cm<sup>2</sup>** lo que representa el **55.97%** de la resistencia promedio obtenida en el concreto patrón.

A los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de **394.45 kg/cm<sup>2</sup>**, lo que representa un **87.66%** de la resistencia patrón.

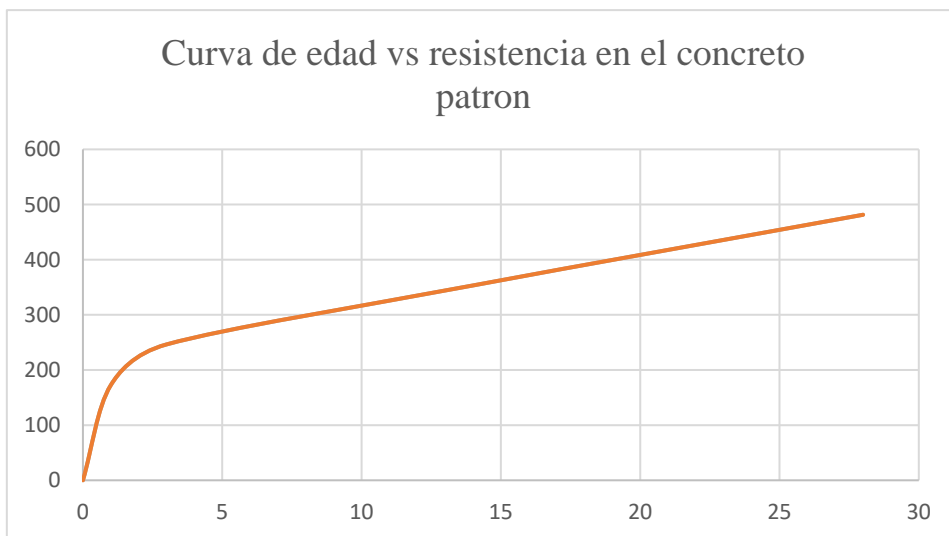
Finalmente, a los 28 días se obtuvo una resistencia de **466.68 kg/cm<sup>2</sup>** superando el diseño de mezcla patrón.

**Ilustración 18.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2)



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 19.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2)




*Fuente: elaboración propia*

- **Ensayo de trabajabilidad – EPS = 10%**

Se realizó el ensayo de trabajabilidad para ver como el poliestireno actuaba en la mezclaba y si tenía algún efecto en esta propiedad del concreto en estado fresco.

*Tabla 30. Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 10%.*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"					
<b>Alumnos</b>	Aujapuclla Escalante Bonner Jhosep				
	Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
<b>Asunto</b>	Ensayo para la medición del asentamiento				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.035				
<b>Instrumento para determinar el asentamiento del concreto con el cono de abrams - EPS = 10%</b>					
<b>MUESTRA</b>	<b>SLUMP</b>				
	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>	<b>Tiempo 4</b>	
	<b>0'</b>	<b>10'</b>	<b>15'</b>	<b>20'</b>	
Muestra 13	3"	1.5"	1"	--	
Muestra 14	3"	1.5"	1"	--	
Muestra 15	3"	1.5"	1"	--	
Muestra 16	3"	1.5"	1"	--	
Muestra 17	3"	1.5"	1"	--	
Muestra 18	9.5"	8"	8"	7"	
Muestra 19	9.5"	8"	8"	7"	
Muestra 20	9.5"	8"	8"	7"	
Muestra 21	9.5"	8"	8"	7"	
Muestra 22	9.5"	8"	8"	7"	
Muestra 23	9.5"	8"	8"	7"	

Muestra 24	9.5"	8"	8"	7"
Muestra 25	9.5"	8"	8"	7"

*Fuente: elaboración propia*

De esta manera al igual que el concreto patrón se tomaron medidas de 5 a 10 minutos para ver cómo se comporta la mezcla con la incorporación del 10% de poliestireno expandido. En la tabla se puede apreciar una variación entre dos mezclas distintas con el mismo diseño, pero no con el mismo aditivo ya que se comenzó a tener inconvenientes con el Z Reductor SP por las cantidades mayores al 2% que demandaba. Es por ello que en esta etapa de la investigación se optó por la segunda y final opción de aditivo superplastificante, HP – 300 del fabricante “ULMEN” producto con el que se obtuvo mejor trabajabilidad de la muestra en menores porcentajes del peso del cemento.

- **Determinación del peso unitario compactado del concreto incorporando Poliestireno expandido en 10%.**

*Tabla 31. Ensayo de peso unitario compactado EPS = 10%.*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>Tesis</b>	<b>"Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>				
					
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
<b>Asunto</b>	Ensayo para el peso unitario del concreto en estado fresco				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.046				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos - EPS = 10%</b>					
Muestra	P.Recipiente	P. concr. Fresco + Pr	P. concre. Fresco	Vol. m3	PUC (Kg/m3)
Muestra 13	2.787	15.440	12.681	0.0053	<b>2392.64</b>
Muestra 14	2.759	14.990	12.231	0.0053	<b>2307.74</b>
Muestra 15	2.759	15.278	12.519	0.0053	<b>2362.08</b>

Muestra 16	2.759	15.243	12.484	0.0053	<b>2355.47</b>
Muestra 17	2.759	15.143	12.384	0.0053	<b>2336.60</b>
Muestra 18	2.759	15.299	12.540	0.0053	<b>2366.04</b>
Muestra 19	2.759	15.021	12.262	0.0053	<b>2313.58</b>
Muestra 20	2.759	15.123	12.364	0.0053	<b>2332.83</b>
Muestra 21	2.759	15.021	12.262	0.0053	<b>2313.58</b>
Muestra 22	2.759	15.250	12.491	0.0053	<b>2356.79</b>
Muestra 23	2.759	15.235	12.476	0.0053	<b>2353.96</b>
Muestra 24	2.759	14.958	12.199	0.0053	<b>2301.70</b>
Muestra 25	2.759	14.979	12.220	0.0053	<b>2305.66</b>

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 32.** *Peso unitario compactado promedio EPS = 10%.*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos – EPS 10%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>P.Recipiente</b>	<b>P.concr. Fresco + Pr</b>	<b>P. concre. Fresco</b>	<b>Vol. m3</b>	<b>PUC (Kg/m3)</b>
Muestra	2.759	15.152	12.393	0.0053	<b>2338.30</b>

*Fuente: elaboración propia*

De las muestras se ha obtenido un peso unitario promedio de **2338.30 kg/m<sup>3</sup>** como se tiene en la tabla 32 respecto al concreto patrón, es decir se ha reducido el peso de la muestra en un **3.32%** lo cual nos da una idea temprana de la influencia que tiene la incorporación del poliestireno expandido y su impacto en el peso unitario de la mezcla.

**DISEÑO DE MEZCLA INCORPORANDO 15% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO  
(DPS 2)**

- **Diseño concreto liviano con 15% EPS (DPS 2)**

*Tabla 33. Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 15%. (DPS2)*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019							
INTEGRANTES							
AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER							
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL							
				<b>0.0053</b>			
Descripción	Kg/m3	Slump	Hp-300	P/probeta	A/C	EPS	Diseño
Cemento	613.84	3-4"	1.25%	3.25	<b>0.38</b>	<b>15.0%</b>	<b>DPS 02</b>
Agregado grueso	921.02			4.88			
Agregado fino	504.74			2.55			
Agua	233.27			1.24			
Microsílice	73.66			0.39			
Aditivo	7.67			0.04			
Eps piedra	162.53			0.86			
	<b>2,273.13</b>						

*Fuente: elaboración propia*

Para este diseño según la tabla 33 se está reemplazando el 15% del peso de la piedra equivalente en volumen de poliestireno expandido con lo cual se busca aligerar más el peso del concreto comparado con el ya obtenido en el patrón.

**Tabla 34. Resistencia a la compresión EPS = 15% (DPS2).**

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>						
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA						
<b>Laboratorio de Mecánica de suelos - Escuela profesional de Ingeniería Civil</b>						
<b>Tesis</b>	" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"					
<b>Alumnos:</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep					
	Noriega Valdiviezo Paul Natanel					
<b>Asunto:</b>	Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido					
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.034					
<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>						
<b>EPS = 15%</b>						
Muestra	Fecha de toma de muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
Muestra 26	20/11/2019	3	176.72	37935	<b>214.66</b>	Tipo 3
Muestra 27	20/11/2019	3	78.54	19595	<b>249.49</b>	Tipo 4
Muestra 28	20/11/2019	3	176.72	36265	<b>205.21</b>	Tipo 4
Muestra 29	20/11/2019	7	176.72	52790	<b>298.72</b>	Tipo 4
Muestra 30	20/11/2019	7	176.72	53075	<b>300.33</b>	Tipo 3
Muestra 31	20/11/2019	7	176.72	56820	<b>321.53</b>	Tipo 4
Muestra 32	15/11/2019	14	176.72	65290	<b>369.45</b>	Tipo 1
Muestra 33	15/11/2019	14	176.72	67228	<b>380.42</b>	Tipo 3
Muestra 34	5/11/2019	28	176.72	74320	<b>420.55</b>	Tipo 3
Muestra 35	5/11/2019	28	176.72	75210	<b>425.59</b>	Tipo 6
Muestra 36	5/11/2019	28	176.72	76690	<b>433.96</b>	Tipo 5
Muestra 37	5/11/2019	30	176.72	81790	<b>462.82</b>	Tipo 5

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 35. Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2)*

<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>					
<b>EPS = 15%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga</b>	<b>Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de falla</b>
<b>MUESTRAS</b>	3	176.72	31265.00	<b>176.92</b>	Tipo 3
	7	176.72	54228.33	<b>306.86</b>	Tipo 3
	14	176.72	66259.00	<b>374.94</b>	Tipo 3
	28	176.72	77002.50	<b>435.73</b>	Tipo 3

*Fuente: elaboración propia*

Como se puede ver en la tabla 35 se tiene una resistencia promedio de 176.92 kg/cm<sup>2</sup> a las 24 horas que representa el **39.32%** de la resistencia patrón.

A los 7 días se tiene una resistencia promedio de 306.86 kg/cm<sup>2</sup>, el **68.2%** de la resistencia patrón, estos porcentajes nos dan una idea acertada del diseño planteado pues los valores obtenidos mantienen la misma progresión conforme pasan los días a la hora de ensayarlos.

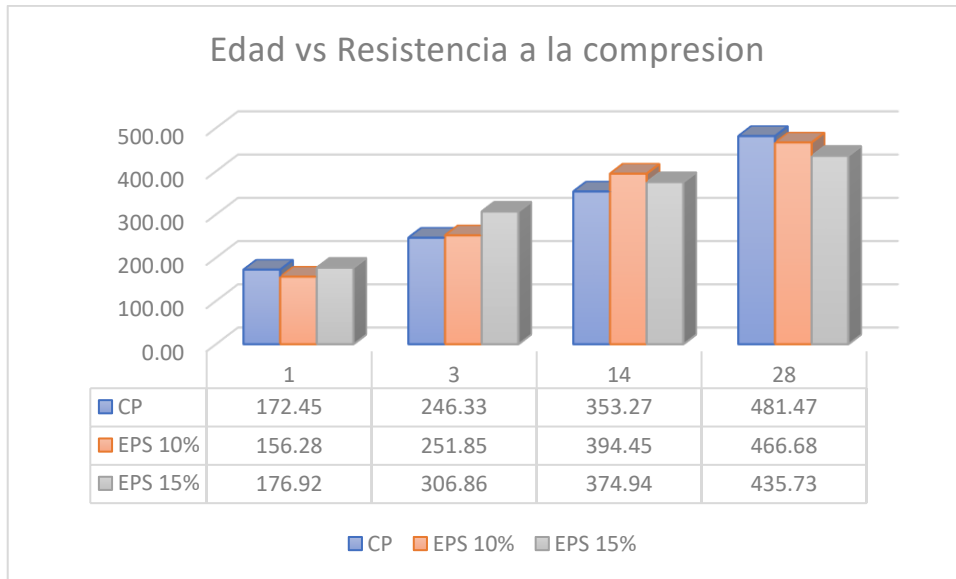
Para los 14 días tenemos una resistencia promedio de 374.94 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el **82.32%**, de la resistencia patrón.

Por ultimo para los 28 días de curado se obtiene una resistencia final de **435.73 kg/cm<sup>2</sup>**, el cual a pesar de no llegar a la resistencia patrón, se encuentra dentro del rango que se establece para concretos de alta resistencia.

Cabe resaltar que a pesar de la incorporación de poliestireno expandido se ha logrado mantener la resistencia patrón en un **96.82%**, esta ligera disminución se debe al reemplazo del agregado grueso para aligerar la mezcla. Las mezclas con contenido de EPS tienen un gran impacto en los ensayos a compresión, lo que se ha logrado mediante este diseño planteado es garantizar la homogeneidad de la mezcla y la adherencia entre partículas tanto de los agregados como el poliestireno expandido, microsílíce y la pasta.

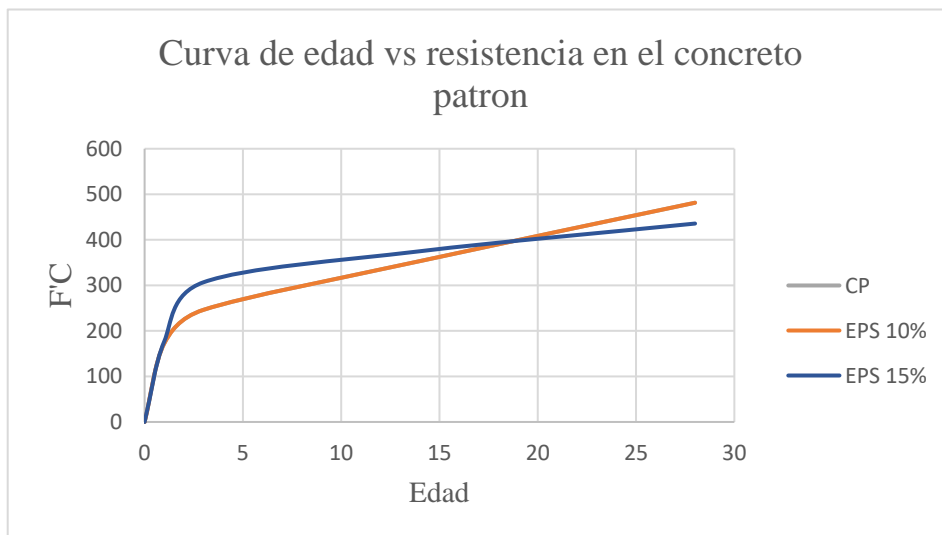


**Ilustración 20.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).



*Fuente: elaboración propia*


**Ilustración 21.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DCP2).



*Fuente: elaboración propia*

- Ensayo de trabajabilidad – EPS = 15%


*Tabla 36. Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 15%.*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"				
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel			
<b>Asunto</b>	Ensayo para la medición del asentamiento			
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.035			
Instrumento para determinar el asentamiento del concreto con el cono de abrams - EPS = 15%				
MUESTRA	SLUMP			
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4
	0'	10'	15'	20'
Muestra 26	8.5"	8"	6.5"	6"
Muestra 27	8.5"	8"	6.5"	6"
Muestra 28	8.5"	8"	6.5"	6"
Muestra 29	8.5"	8"	6.5"	6"
Muestra 30	8.5"	8"	6.5"	6"
Muestra 31	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 32	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 33	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 34	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 35	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 36	8"	7"	6.5"	6.5"
Muestra 37	8"	7"	6.5"	6.5"

*Fuente: elaboración propia*

- **Determinación del peso unitario compactado del concreto incorporando Poliestireno expandido en 15%.**

*Tabla 37. Ensayo de peso unitario compactado EPS = 15% (DPS2)*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>Tesis</b>	<b>" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>				
<b>Alumnos</b>	<b>Aujapuclla Escalante Bonner Jhosep</b>				
	<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>				
<b>Asunto</b>	Ensayo para el peso unitario del concreto en estado fresco				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.046				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos - EPS = 15%</b>					
Muestra	P.Recipiente	P. concr. Fresco + Pr	P. concre. Fresco	Vol. m3	PUC (Kg/m3)
Muestra 26	2.759	14.737	12.259	0.0053	<b>2313.02</b>
Muestra 27	2.759	15.174	12.443	0.0053	<b>2347.74</b>
Muestra 28	2.759	14.771	12.121	0.0053	<b>2286.98</b>
Muestra 29	2.759	14.726	12.234	0.0053	<b>2308.30</b>
Muestra 30	0.5	3.907	3.407	0.0015	<b>2271.33</b>
Muestra 31	2.759	15.095	12.336	0.0053	<b>2327.55</b>
Muestra 32	2.759	14.737	11.978	0.0053	<b>2260.00</b>
Muestra 33	2.759	14.771	12.012	0.0053	<b>2266.42</b>
Muestra 34	2.759	14.990	12.231	0.0053	<b>2307.74</b>
Muestra 35	2.759	15.063	12.304	0.0053	<b>2321.51</b>
Muestra 36	2.759	14.734	11.975	0.0053	<b>2259.43</b>
Muestra 37	2.759	14.852	12.093	0.0053	<b>2281.70</b>

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 38. Peso unitario compactado promedio EPS = 15%.*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos – EPS 15%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>P.Recipiente</b>	<b>P.concr. Fresco + Pr</b>	<b>P. concre. Fresco</b>	<b>Vol. m3</b>	<b>PUC (Kg/m3)</b>
Muestra	2.759	14.894	12.181	0.0053	<b>2298.30</b>

*Fuente: elaboración propia*

Con la incorporación del 15% de poliestireno expandido se ha logrado reducir el peso unitario compactado del concreto patrón hasta **2289.62 kg/m<sup>3</sup>**, lo que vendría a representar una disminución del **5.34 %** del peso del concreto.

### **DISEÑO DE MEZCLA INCORPORANDO 20% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (DPS 1)**


- **Diseño concreto liviano con 20% EPS (DPS 2)**

*Tabla 39. Diseño final, concreto de alta resistencia, EPS = 20%. (DPS2).*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>							
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019</b>							
<b>INTEGRANTES</b>							
AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER							
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL							
				<b>0.0053</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Slump</b>	<b>Hp-300</b>	<b>P/probeta</b>	<b>A/C</b>	<b>EPS</b>	<b>Diseño</b>
Cemento	613.84	3-4"	1.25%	3.25	<b>0.38</b>	<b>20.0%</b>	<b>DPS 01</b>
Agregado grueso	866.84			4.88			
Agregado fino	504.74			2.55			
Agua	233.27			1.24			
Microsílice	73.66			0.39			
Aditivo	7.67			0.04			
Eps piedra	216.71			0.86			
	<b>2,218.44</b>			<b>11.87</b>			

Fuente: elaboración propia

**Tabla 40.** Resistencia a la compresión EPS = 20% (DPS2).

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO						
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA						
Laboratorio de Mecánica de suelos - Escuela profesional de Ingeniería Civil						
Tesis	" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"					
Alumnos:	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel					
Asunto:	Ensayo de resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido					
Método del ensayo	Norma de referencia NTP 339.034					
Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido						
EPS = 20%						
Muestra	Fecha de toma de muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
Muestra 38	20/11/2019	3	176.72	32565	<b>184.27</b>	Tipo 2
Muestra 39	20/11/2019	3	176.72	31945	<b>180.77</b>	Tipo 2
Muestra 40	20/11/2019	3	176.72	32517	<b>184.00</b>	Tipo 3
Muestra 41	20/11/2019	7	176.72	36115	<b>204.36</b>	Tipo 4
Muestra 42	20/11/2019	7	176.72	37610	<b>212.82</b>	Tipo 3
Muestra 43	20/11/2019	7	176.72	39280	<b>222.27</b>	Tipo 2
Muestra 44	15/11/2019	14	176.72	51360	<b>290.63</b>	Tipo 3
Muestra 45	15/11/2019	14	176.72	59025	<b>334.00</b>	Tipo 2
Muestra 46	15/11/2019	14	176.72	61230	<b>346.48</b>	Tipo 5
Muestra 47	15/11/2019	14	176.72	65325	<b>369.65</b>	Tipo 5
Muestra 48	15/11/2019	21	176.72	71940	<b>407.08</b>	Tipo 4
Muestra 49	15/11/2019	21	176.72	72805	<b>411.98</b>	Tipo 3

Muestra 50	15/11/2019	21	176.72	74600	<b>422.14</b>	Tipo 3
------------	------------	----	--------	-------	---------------	--------

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 41.** Resistencia a la compresión promedio por edades (DPSI).

<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresión para el concreto en estado Endurecido</b>					
<b>EPS = 20%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga</b>	<b>Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de falla</b>
<b>MUESTRAS</b>	3	176.72	31265.00	<b>176.92</b>	Tipo 3
	7	176.72	54228.33	<b>306.86</b>	Tipo 3
	14	176.72	66259.00	<b>374.94</b>	Tipo 3
	28	176.72	77002.50	<b>435.73</b>	Tipo 3

*Fuente: elaboración propia*

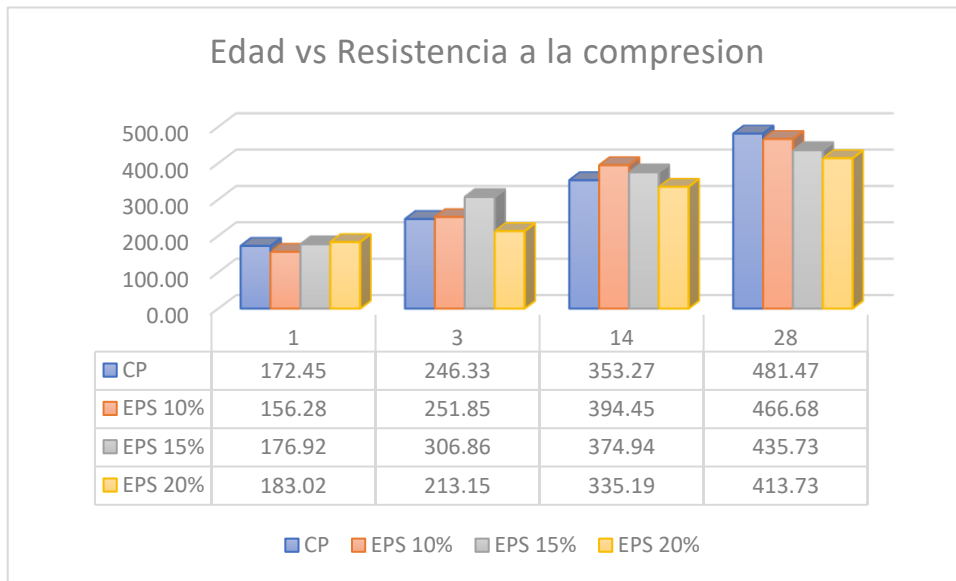
Con el ultimo diseño reemplazando poliestireno expandido en 20% se tiene una resistencia promedio de **176.92 kg/cm<sup>2</sup>** a los 3 días, **39.32%** de la resistencia patrón.

A los 7 días tenemos 306.86 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia promedio, 68.19% de la resistencia patrón.

A los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 374.94 kg/cm<sup>2</sup>, el 83.32% de la resistencia final.

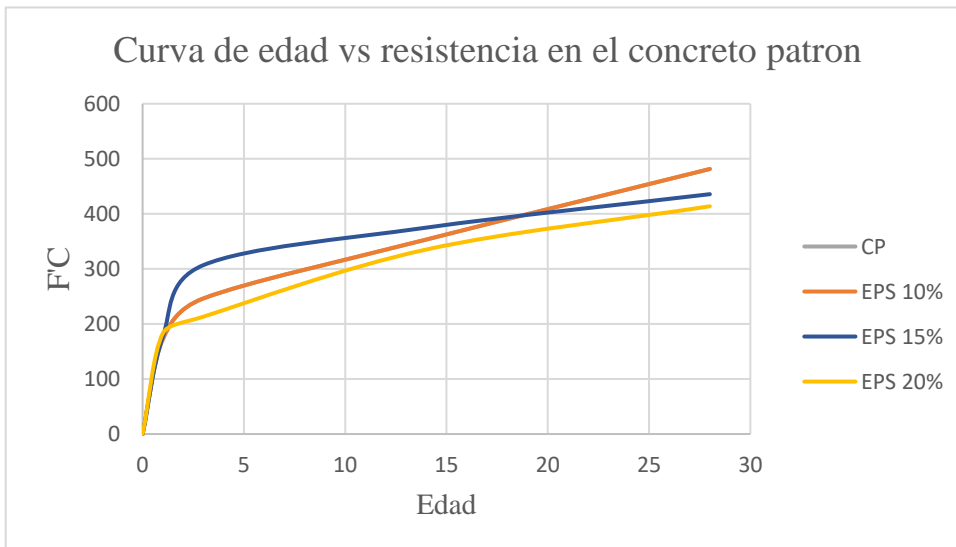
Para los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de **435.73 kg/cm<sup>2</sup>**, con lo cual se tiene un valor menor que el promedio del concreto patrón, pero se encuentra dentro del rango para concretos de alta resistencia, a pesar de la disminución se obtuvo un resultado esperado ya que estas alteraciones oscilan entre 4 y 5 %, valores no tan elevados y controlables, por lo que el diseño planteado óptimo para esta investigación se encuentra entre el **15 y 20%** de poliestireno expandido.

**Ilustración 22. Resistencia a la compresión promedio por edades (DPS1)**




*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 23. Resistencia a la compresión promedio por edades (DPS1)**



*Fuente: elaboración propia*


**Tabla 42.** Ensayo de asentamiento para el concreto con EPS = 20%.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019 "					
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep				
	Noriega Valdiviezo Paul Natanel				
<b>Asunto</b>	Ensayo para la medición del asentamiento				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.035				
Instrumento para determinar el asentamiento del concreto con el cono de abrams - EPS = 20%					
MUESTRA	SLUMP				
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	
	0'	10'	15'	20'	
Muestra 38	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 39	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 40	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 41	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 42	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 43	7.5"	6.5"	5"	5"	
Muestra 44	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 45	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 46	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 47	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 48	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 49	6"	5.5"	5"	4"	
Muestra 50	6"	5.5"	5"	4"	

*Fuente: elaboración propia*




**Tabla 43. Ensayo de peso unitario compactado EPS = 20%.**

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>Tesis</b>	<b>" Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>				
<b>Alumnos</b>	<b>Aujapuella Escalante Bonner Jhosep</b>				
	<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>				
<b>Asunto</b>	Ensayo para el peso unitario del concreto en estado fresco				
<b>Método del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.046				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>Instrumento para recolección de datos - EPS = 20%</b>					
Muestra	P.Recipiente	P. concr. Fresco + Pr	P. concre. Fresco	Vol. m3	PUC (Kg/m3)
Muestra 38	2.759	14.381	11.622	0.0053	<b>2192.83</b>
Muestra 39	2.759	14.574	11.715	0.0053	<b>2210.38</b>
Muestra 40	2.759	14.668	11.709	0.0053	<b>2209.25</b>
Muestra 41	2.759	14.643	11.784	0.0053	<b>2223.40</b>
Muestra 42	2.759	14.679	11.720	0.0053	<b>2211.32</b>
Muestra 43	2.759	14.741	11.772	0.0053	<b>2221.13</b>
Muestra 44	2.759	14.740	11.781	0.0053	<b>2222.83</b>
Muestra 45	2.759	14.505	11.746	0.0053	<b>2216.23</b>
Muestra 46	2.759	14.444	11.685	0.0053	<b>2204.72</b>
Muestra 47	2.759	14.250	11.491	0.0053	<b>2168.11</b>
Muestra 48	2.759	14.500	11.741	0.0053	<b>2215.28</b>
Muestra 49	2.759	14.734	11.775	0.0053	<b>2221.70</b>
Muestra 49	2.759	14.734	11.975	0.0053	<b>2259.43</b>

*Fuente: elaboración propia*

## RESUMEN DE DISEÑOS

*Tabla 44. Resumen de diferentes diseños para 1m<sup>3</sup>*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019					
INTEGRANTES					
AUJAPUCCLLA ESCALANTE BONNER					
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL					
DESCRIPCIÓN	UND	DCP2	DPS 01	DPS 02	DPS 03
Cemento	Kg	613.86	613.86	613.86	613.86
Agregado Grueso	Kg	1083.55	866.84	921.02	975.195
Agregado Fino	Kg	504.74	504.74	504.74	504.74
Agua	Kg	233.27	233.27	233.27	233.27
Aire	%	2.5	2.5	2.5	2.5
Microcilice	%	-	12	12	12
Aditivo	Z Reductor Sp	%	1.8	-	-
	Hp-300	%	-	1.25	1.25
EPS Piedra	Kg	-	216.71	162.53	108.36
Slump	Pulg	3-4"	3-4"	3-4"	3-4"
Peso Unitario	Kg	<b>2435.44</b>	<b>2,218.95</b>	<b>2,273.13</b>	<b>2,327.31</b>

*Fuente: elaboración propia*

## OBTENCION DE RESULTADOS PARA CADA MUESTRA

➤ ENSAYO EN ESTADO ENDURECIDO

*Tabla 45. Muestra 01*

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm2
Slump	7”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	13006 gr.

Muestra	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm2)	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)
Muestra 01	06/11/2019	01	176.72	31895.00	180.49

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 46. Muestra 02*

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm2
Slump	7”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	13051 gr.

Muestra	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm2)	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)
Muestra 03	06/11/2019	01	176.72	32560.00	184.25

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 47. Muestra 03**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	6’’
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12973 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 07	06/11/2019	21 hrs	176.72	26970.00	152.62

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 48. Muestra 04**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	7’’
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12524 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 02	08/11/2019	03	176.72	44230.00	250.28

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 49. Muestra 05**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	6’’
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12743 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 04	08/11/2019	03	176.72	42345.00	<b>239.62</b>

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 50. Muestra 06**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	6’’
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12804 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 05	08/11/2019	03	176.72	44020.00	<b>249.09</b>

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 51. Muestra 07**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	6”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12691 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 06	12/11/2019	07	176.72	47470.00	268.62

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 52. Muestra 08**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>06/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12804 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 08	13/11/2019	07	176.72	49200.00	278.4

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 53. Muestra 09**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>06/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12956 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 09	13/11/2019	14	176.72	56835.00	321.61

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 54. Muestra 10**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>15/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12745 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 10	20/11/2019	14	176.72	68025.00	384.93

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 55. Muestra 11**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12830 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 11	20/11/2019	28	176.72	48662.00	486.62

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 56. Muestra 12**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>CONCRETO PATRON</b>
	<b>06/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8”
Relación a/c	0.38
EPS	NO
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12702 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 11	20/11/2019	28	176.72	84175.00	476.32

*Fuente: elaboración propia*



**Concreto incorporando EPS = 10%**

*Tabla 57. Muestra 13*

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>08/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12681 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 12	20/11/2019	01	176.72	28200.00	159.57

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 58. Muestra 14*

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>08/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	2.5%
Peso	12231 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 11	20/11/2019	01	176.72	28700.00	162.40

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 59. Muestra 15**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>06/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12519 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 15	20/11/2019	01	176.72	22605.00	127.91

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 60. Muestra 16**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>08/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12484gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 16	20/11/2019	03	176.72	30965.00	175.22

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 61. Muestra 17**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>25/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	2.5%
Peso	12384gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 17	20/11/2019	03	176.72	40295.00	228.02

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 62. Muestra 18**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>25/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	500 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
Z Reductor SP	1.8%
Peso	12540gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 11	20/11/2019	07	176.72	42325.00	239.50

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 63. Muestra 19**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>25/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	9.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12262 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 19	20/11/2019	03	176.72	43775.00	247.71

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 64. Muestra 20**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	9.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12364 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 20	20/11/2019	03	176.72	51630.00	292.16

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 65. Muestra 21**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>25/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12262 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 21	20/11/2019	03	176.72	65095.00	368.35

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 66. Muestra 22**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>15/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	9.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12491 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 22	20/11/2019	14	176.72	74320.00	420.55

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 67. Muestra 23**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	9.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12476 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 23	20/11/2019	03	176.72	81200.00	459.48

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 68. Muestra 24**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	9.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12199 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 24	20/11/2019	03	78.54	82050.00	464.29

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 69. Muestra 25**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS 10%</b>
	<b>05/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	3.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	10%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12220 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 25	20/11/2019	03	176.72	84165.00	476.26

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 70. Muestra 26**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	15%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12259 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 26	20/11/2019	03	176.72	37935.00	214.66

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 71. Muestra 27**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	15%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	3407 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 27	20/11/2019	03	78.54	19595.00	249.49

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 72. Muestra 28**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12443 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 28	20/11/2019	03	176.72	36265.00	205.21

*Fuente: elaboración propia*



**Tabla 73. Muestra 29**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12121 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 29	20/11/2019	07	176.72	52790.00	298.72

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 74. Muestra 30**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12234 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 30	20/11/2019	07	176.72	53075.00	300.33

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 75. Muestra 31**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>20/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12336 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 31	20/11/2019	07	176.72	56820.00	321.53

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 76. Muestra 32**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>15/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	11978 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 32	15/11/2019	07	176.72	65290.00	369.45

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 77. Muestra 33**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>15/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12012 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 33	15/11/2019	14	176.72	67228.00	380.42

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 78. Muestra 34**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>5/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12231 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 34	5/11/2019	28	176.72	74320.00	420.55

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 79. Muestra 35**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>5/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12304 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 35	5/11/2019	28	176.72	75210.00	425.59

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 80. Muestra 36**

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>5/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	11975 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 36	5/11/2019	28	176.72	76690.00	433.96

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 81.** Muestra 35

“Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019”	<b>EPS = 15%</b>
	<b>5/11/2019</b>
F’C ( Diseño )	450 Kg/cm <sup>2</sup>
Slump	8.5’’
Relación a/c	0.38
EPS	20%
HP - 300	1.25%
Microsílice	12%
Peso	12093 gr.

<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad ( días)	Área ( cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 11	5/11/2019	28	176.72	81790.00	462.82

*Fuente: elaboración propia*

#### IV. DISCUSIÓN

##### Discusión 1

Según el objetivo general “Determinar la dosificación óptima del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto liviano de alta resistencia, los resultados obtenidos en las tablas 41 muestran la resistencia a compresión a los 28 días fueron positivos y están en el parámetro de la RNE E-060 que establece un rango de  $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$  y ACI 211.2-98.

##### Discusión 2

Según el objetivo específico “Evaluar la trabajabilidad y peso unitario de un concreto de alta resistencia en estado fresco incorporando el poliestireno expandido” los resultados obtenidos en la **tabla 82**, muestran los diferentes pesos unitarios con porcentaje variable, se logró disminuir el peso unitario en un 8.89% con la incorporación de poliestireno expandido. Sin embargo, los pesos obtenidos no cumplen con los parámetros del ACI 363.2R-98.

**Tabla 82.** *Peso unitario compactado promedio, Concreto patrón y EPS = 20%*

DESCRIPCION	PRESENTE TESIS		ACI 363. 2R-98	ACI 211.2-98
Peso Kg/m3	2418.66	2211.34	1800	450

*Fuente: elaboración propia*

##### Discusión 3

Según el objetivo específico “Evaluar la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia en estado endurecido incorporando el poliestireno expandido” los resultados obtenidos en la **tabla 83**, concuerdan con los resultados de los antecedentes que al añadir más EPS la resistencia disminuye.

**Tabla 83.** *Resistencia a la compresión a los 28 días con EPS*

F'c=kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON EPS	
	PRESENTE TESIS	QUESADA (2014)
	413.73	352

*Fuente. Elaboración propia*

#### Discusión 4

Según el objetivo “Determinar cómo influye la incorporación del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto de alta resistencia” los resultados obtenidos en la tabla xxx muestran la variación de la disminución de los pesos y resistencias. Concuerdan con los resultados de los mencionados antecedentes.

*Tabla 84. Disminución porcentual de la resistencia a la compresión*

<b>CUADRO COMPARATIVO</b>				
<b>Concreto patrón, EPS = 10, 15 y 20%</b>				
<b>DISEÑO</b>	<b>Peso Unitario Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión - 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Disminución del peso</b>	<b>Disminución de la resistencia</b>
C. Patrón	<b>2435.44</b>	<b>481.47</b>	--	--
EPS = 10%	<b>2327.31</b>	<b>466.68</b>	<b>4.44%</b>	<b>3.07%</b>
EPS = 15%	<b>2273.13</b>	<b>435.73</b>	<b>6.66%</b>	<b>9.50%</b>
EPS = 20%	<b>2218.95</b>	<b>413.73</b>	<b>8.89%</b>	<b>14.06%</b>

*Fuente. Elaboración propia*

#### V. CONCLUSIONES

- 1- Se determinó en cuanto al reemplazo del 20% de EPS por agregado grueso, una resistencia promedio de 413.73 a los 28 días, un valor inferior al esperado pero se concluye este como el diseño óptimo por poseer bajo peso unitario compactado en comparación con los otros porcentajes de incorporación y por tratar de mantener la resistencia promedio, ya que el límite de esta no se encuentra a los 28 días sino que tiende a aumentar conforme pasen los días, igualando o sobrepasando la resistencia de diseño.
- 2- Se evaluó la trabajabilidad con una dosis de 1.25% de superplastificante HP-300 en peso del cemento que logra dar la trabajabilidad necesaria a la mezcla obteniendo valores promedio de asentamiento entre 6'' y 8.5'' en intervalos de tiempo de 5, 10

y 15 minutos, una mayor cantidad de aditivo puede plastificar la mezcla retardando el tiempo de la fragua inicial que aproximadamente se da 6 horas después de haber colocado la muestra en los moldes metálicos.

- 3- Se evaluó la resistencia a compresión para cada diseño, (DPS 01, DPS 02 y DPS 03) Para el diseño con 10% de poliestireno expandido se tiene una resistencia promedio de 466.68 kg/cm<sup>2</sup>, con el 15% de EPS se obtuvo una resistencia promedio a los 28 días de 435.73 kg/cm<sup>2</sup> y con una incorporación del 20% de EPS se logró una resistencia de 413.73 kg/cm<sup>2</sup>.
- 4- La incorporación del 10% de poliestireno expandido, reduce el peso de un concreto de alta resistencia en **4.44 %**, manteniendo la resistencia de diseño. Con el 15% de EPS se logra reducir el peso del concreto patrón en **6.66%** adquiriendo el 96.82% de la resistencia de diseño. Con el 20% de poliestireno expandido finalmente se logra reducir el **8.57%** del peso del concreto patrón y obtener una resistencia del 91.94% respecto al diseño del concreto patrón.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1- Según los resultados obtenidos, la dosificación óptima obtenida con la incorporación de poliestireno expandido puede mejorarse con el uso de agregados livianos, nanosílice y la materia prima del poliestireno expandido, sin alterar la relación agua cemento como en muchos antecedentes se ha visto.
- 2- En cuanto a la trabajabilidad se recomienda usar un superplastificante compatible con el cemento ya que, en algunos casos al no tener control sobre ello, las dosis aumentan provocando que la mezcla se plastifique y actuando como retardantes. El uso de nanosílice se considera una muy buena opción por sus características y su dosificación en pequeñas cantidades. Con ello podemos garantizar que una mezcla homogénea donde las perlas de tecnopor se adhieran a la pasta y no se produzca segregación.
- 3- Se recomienda controlar las cantidades de poliestireno expandido en la mezcla ya que estas influyen considerablemente en la resistencia final del concreto.



## REFERENCIAS

ARAPA, Jigoro. Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante. Tesis (para optar título de Ingeniero Civil) Juliaca-Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2016. 200 pp.

ARBITO, Gerardo. Concreto celular para uso estructural. Tesis (Magister en Ingeniería) Cuenca – Ecuador: universidad de Cuenca, 2016. 149 pp

ARIAS, Fideas. Proyecto de Investigación: introducción a la metodología científica [en línea]. 6 ed. Venezuela: Episteme, 2012 [fecha de consulta: 30 de abril del 2019].

Disponible en:

<https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 9800785299

ASTM C127. Organización Mundial del Comercio (OMC), Estados Unidos, 16 de enero de 2019.

ASTM C138. Organización Mundial del Comercio (OMC), Estados Unidos, 16 de enero de 2019.

ASTM C172. Organización Mundial del Comercio (OMC), Estados Unidos, 16 de enero de 2019.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Perú, 2012 [fecha de consulta: 6 de mayo del 2019].

Disponible en:

[https://www.academia.edu/33692697/Metodologia\\_de\\_Investigacion\\_Cientifica\\_para\\_ingenieros\\_Civiles](https://www.academia.edu/33692697/Metodologia_de_Investigacion_Cientifica_para_ingenieros_Civiles)

BOTTO, Raisa y SANTA CRUZ, Paola. Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Bogotá - Colombia, 2017. 87 pp.

CARRASCO, Sergio. Metodología para la investigación científica. 2 ed. San Marcos, 2017. 476 pp.

ISBN: 9789972383441

CHUQUILLIN, Jorge. Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas Aligeradas, Trujillo 2018. Tesis (para optar el Grado de ingeniero Civil) Trujillo-Perú: Universidad Privada del Norte, 2018. 131 pp.

COTRINA, Nelida. Comportamiento mecánico del concreto de alta Resistencia de  $f'c=450$  kg/cm<sup>2</sup> con aditivo Superplastificante sikament®-290n y adición mineral Sika® fume. Tesis (Magister en ingeniería) Cajamarca -Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 205 pp.

GOMERO, Berta. Aditivos y adiciones minerales para el concreto. Tesis (para optar el título de ingeniera civil). Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006. 271pp.

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian Paulina. Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: Universidad de Celaya, 2019. 714 pp.  
ISBN: 9781456260965

LTUMA Y ZHUNIO. Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón. Tesis (para obtener Título de Ingeniería civil) Cuenca- Ecuador: Universidad de Cuenca, 2015. 93 pp.

MORALES, Mary. Investigación del concreto de alta resistencia: Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550 – 1200 kg/cm<sup>2</sup>. Tesis (para optar el grado de ingeniero civil). Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2000. 287pp.

MULLA Y SHELAKE. Lightweight Expanded Polystyrene Beads Concrete  
International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Tamilnadu , India

ÑAUPAS Paitan, Humberto [et al]. Metodología de la investigación. Cuantitativa -  
cualitativa y redacción de la tesis [en línea]. España: Ediciones de la U, 2015. [Fecha de  
consulta: 22 de abril de 2019].

Disponible en

[https://www.unebook.es/es/libro/metodologia-de-la-investigacion\\_59252](https://www.unebook.es/es/libro/metodologia-de-la-investigacion_59252)

ISBN: 9789587623598

NTP 400. 021. Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de julio de  
2018.

NTP 339.218. Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 339.077. Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 339.185 Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 400.012 Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 400.021 Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 400.022 Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

NTP 339.219. Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Lima, Perú, 13 de Julio del 2018.

PAULINO Y ESPINO. “Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el  
concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado  
a unidades de albañilería en el Perú. Tesis (para optar el título de ingeniero civil) Lima  
– Perú: Universidad de Ciencias Aplicadas, 2017. 145 pp.

QUESADA, Natali. Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A. Tesis (Licenciatura en ingeniería en Construcción). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014. 82 pp.

RAMIREZ, Jhonatan. Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú. Tesis (para optar el título de ingeniero civil) Lima- Perú Universidad Nacional Federico Villareal, 2018. 148 pp.

ROLDAN Y VARGAS. Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando sika viscocrete sc-50 y GAIA. Tesis (para optar título de ingeniero civil) Trujillo- Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018. 147 pp.

SILVESTRE Gutiérrez, Adán. Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales. Colombia: Universidad Libre Seccional Pereira, 2015.

Disponible en

<http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/973/AN%C3%81LISIS%20DEL%20CONCRETO%20CON%20POLIESTIRENO.pdf?sequence=1>

SILVA, José. Evaluación de la reducción del área de un confinamiento del concreto en las uniones rectangulares viga-columna de concreto armado no previsto en el diseño estructural en el ensayo de flexión. Tesis (Magíster en Ingeniería) Cajamarca- Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 190 pp.

SALINAS, Edgar. Estudio de hormigones de alta resistencia y su incidencia en la durabilidad de la capa de rodadura de las vías en el cantón Ambato provincia de Tungurahua. Tesis (para obtener el grado de ingeniero civil) Ambato - Ecuador, 2015. 307 pp.

**ANEXOS**

**ANEXO 1:  
MATRIZ DE  
CONSISTENCIA**

Tabla 85. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Metodología
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable Independiente</b>				<b>Tipo de estudio:</b>
¿Cuál es el porcentaje óptimo de poliestireno expandido que permite diseñar un concreto liviano de alta resistencia?	Determinar la dosificación optima 0%, 10%, 15% y 20% del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto liviano de alta resistencia	El porcentaje optimo es igual o mayor al 20% respecto al peso del concreto	Poliestireno expandido	Dosificación de EPS	0	%	Aplicada
					10	%	<b>Diseño de</b>
					15	%	<b>investigación:</b>
					20	%	Experimental
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Hipótesis específico</b>	<b>Variable dependiente</b>				<b>Nivel de investigación:</b>
¿Qué cambios sufren las propiedades de un concreto de alta resistencia en estado fresco incorporando poliestireno expandido?	Evaluar la trabajabilidad y peso unitario de un concreto de alta resistencia en estado fresco incorporando el poliestireno expandido.	La incorporación de poliestireno expandido genera un impacto positivo en las propiedades de un concreto de alta resistencia en estado fresco.	<b>Concreto liviano de alta resistencia</b>	Diseño de Mezcla	Relación a/c	adim	Descriptiva
					Gradación y textura de agregados	Pulg	<b>Enfoque:</b> Cuantitativa
					Aditivos	%	<b>Población:</b> 48 probetas de concreto
						Pulg	<b>Muestra:</b> 48 probetas de concreto
¿De qué manera afecta la incorporación del poliestireno expandido en la resistencia a compresión en un concreto de alta resistencia?	Evaluar la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia en estado endurecido incorporando el poliestireno expandido.	La incorporación de poliestireno expandido reduce la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia.		Propiedades en estado fresco	Peso unitario	Kg/m3	
¿De qué manera influye la incorporación del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto de alta resistencia?	Determinar cómo influye la incorporación del poliestireno expandido en la elaboración de un concreto de alta resistencia	La incorporación de poliestireno expandido influye en la reducción del peso de un concreto de alta resistencia		Propiedades en estado endurecido	Resistencia a la compresión	Kg/cm2	

Fuente. Elaboración propia

**ANEXO 2:**

**INSTRUMENTOS**

*Ilustración 24. Instrumento para medir la resistencia a la compresión*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA		
Laboratorio de Mecanica de suelos - Escuela profesional de Ingeniería Civil		
<b>Tesis</b>	"Elaboración de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"	

<b>Alumnos:</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep Noriega Valdiviezo Paul Natanel
<b>Asunto:</b>	Ensayo de resistencia a la compresion para el concreto en estado endurecido
<b>Metodo del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.034


<b>Instrumento para el ensayo de Resistencia a la compresion para el concreto en estado Endurecido</b>						
<b>Concreto sin EPS</b>						
<b>Muestra</b>	Fecha de toma de muestra	Edad (días)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga	Resistencia a la compresion (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Tipo de falla</b>

*Fuente. Elaboración propia*






*Ilustración 26. Instrumento para medir la trabajabilidad del concreto.*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>"Elaboración de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"</b>				
<b>Alumnos</b>	Aujapuella Escalante Bonner Jhosep			
	Noriega Valdiviezo Paul Natanel			
<b>Asunto</b>	Ensayo para la medición del asentamiento			
<b>Metodo del ensayo</b>	Norma de referencia NTP 339.035			
<b>Instrumento para determinar el asentamiento del concreto con el cono de abrams - Concreto patron</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>SLUMP</b>			
	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>	<b>Tiempo 4</b>
	<b>0'</b>	<b>10'</b>	<b>15'</b>	<b>20'</b>

*Fuente. Elaboración propia*

*Ilustración 27. Instrumento para medir el peso específico de la arena..*


<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
"Elaboración de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"		

<b>Alumnos:</b>	<b>Aujapuella Escalante Bonner Jhosep</b>
	<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>

Formulas	Procedimiento	Ensayo I	Ensayo II	Promedio
A	Peso de la arena seca al horno			
B	P. de la arena saturada superficialmente seca			
C	Peso de la arena sss +P. del balón			
D	P. de la arena sss + P. del balón+ P. del Hp			
E	Peso del balón			
W= D-C	Peso del agua			
	P. de la arena secada al horno+ P. del balón			
	Volumen del balón cm <sup>3</sup>			
A/(500-W)	<b>Peso Específico de Masa</b>			

*Fuente. Elaboración propia*

*Ilustración 28. Instrumento para medir el porcentaje de absorción de los agregados.*

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
"Elaboración de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019"		

<b>Alumnos:</b>	<b>Aujapuella Escalante Bonner Jhosep</b>
	<b>Noriega Valdiviezo Paul Natanel</b>

instrumento para % de absorcion de agregado fino			
AGREGADO FINO			
CÁLCULOS	DESCRIPCIÓN	I	II
A	peso de la arena secada al horno		
B	peso de la arena saturada superficialmente seca		
(B-A)/A*100	<b>% de absorcion</b>		

# **ANEXO 3:**

# **NORMAS TÉCNICAS PERUANAS**



*Ilustración 30. NTP 339.218*

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.218  
2008 (revisada el 2018)**

Dirección de Normalización • INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo  
normalizado para la segregación estática del hormigón  
(concreto) autocompactante. Ensayo de columna**

CONCRETE. Standard test method for static segregation of self-consolidating concrete using column technique

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C1610 / C1610M - 06a Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2018-06-27  
1ª Edición**

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18  
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 10 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE


Descriptor: Agregado grueso, concreto auto-consolidado, estabilidad, segregación estática, hormigón, método de ensayo, segregación estática, hormigón autocompactante, ensayo de columna

© ASTM 2006 • © INACAL 2018

**ANEXO 4:**

**RECIBO TURNITIN**

Ilustración 31. Recibo turnitin



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

“DISEÑO DE UN CONCRETO LIVIANO DE ALTA RESISTENCIA  
INCORPORANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, LIMA 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

AUIJAPUCLLA ESCALANTE, BONNER JIOSEP (0000-0001-7129-6636)  
NORIEGA VALDIVIEZO, PAUL (0000-0002-8033-5294)

**ASESOR:**

CASUSOL IBERICO, GERMAN (0000-0001-7143-5026)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL**

**LIMA-PERU**

**2019**

Match Overview ✕

21%

Currently viewing standard sources

View English Sources (Beta)

Matches		
1	repositorio.ucv.edu.pe <small>Internet Source</small>	2% >
2	repositorio.upla.edu.pe <small>Internet Source</small>	2% >
3	hdl.handle.net <small>Internet Source</small>	2% >
4	www.scribd.com <small>Internet Source</small>	2% >
5	repositorio.unfv.edu.pe <small>Internet Source</small>	2% >
6	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	1% >
7	es.scribd.com <small>Internet Source</small>	1% >
8	creativecommons.org <small>Internet Source</small>	1% >
9	repositorio.usanpedro... <small>Internet Source</small>	1% >
10	tesis.ucsm.edu.pe <small>Internet Source</small>	1% >
11	repositorio.uss.edu.pe <small>Internet Source</small>	1% >



**ANEXOS**  
**PANEL**  
**FOTOGRAFÍCO**

Ilustración 32. Cotización Z reductor Sp



**Z ADITIVOS S.A.**

Fabricantes de aditivos para concreto, suelo y asfalto.

El mejor amigo del concreto

R.U.C. 20101020739

**COTIZACION**

Nº **190004289**

**CLIENTE**

Razón Social:	CRASH CONSTRUCCION S.A.C.
RUC:	20549622233
Dirección:	JR. MARTIN DE MURUA NRO. 196 INT. 202 LIMA - LIMA - SAN MSAN MIGUEL LIMA LIMA
Teléfono:	-
Contacto:	PAUL NORIEGA
Obra:	GENERAL
Nro. Oportunidad:	18LIMLIMLIM01001

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE LISTA	PRECIO DE OFERTA	TOTAL
Z REDUCTOR SP X5 GAL	BAL	1.00	122.67	120.00	120.00
				SUB TOTAL S/	120.00
				IGV S/	21.60
				TOTAL S/	141.60

**CONDICIÓN DE PAGO**

Contado

**LUGAR DE ENTREGA**

Proyecto: OFICINA  
Dirección: JR. MARTIN DE MURUA NRO. 196 INT. 202 LIMA - LIMA - SAN MIGUEL

**OBSERVACIONES**

**DATOS ADICIONALES**

Solicitante: ZONA 8  
Usuario: FLORIAN MAYANCHI, NORMA LUZ  
Fecha Cotización: 03/10/2019  
Fecha Vencimiento: 03/11/2019

**APROBACION**

Aprobador:

**CONDICIONES COMERCIALES**

- 1.- La Calidad de nuestros productos está garantizada por nuestra experiencia de más de 30 años en el mercado nacional.
- 2.- El lugar de entrega será en la puerta de OBRA y según indicación del CLIENTE, dentro de Lima Metropolitana.
- 3.- El HORARIO DE ATENCION es de Lunes a Viernes de 8:00 a 18:00 y Sábados de 8:00 a 12:15 horas.
- 4.- Damos asistencia técnica antes, durante y capacitación a los operarios para aplicación de producto durante la ejecución de la Obra .
- 5.- Entregamos CERTIFICADOS DE CALIDAD, HOJAS DE SEGURIDAD (MSDS), ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CERTIFICADOS ENSAYO de todos nuestros productos a solicitud del CLIENTE.
- 6.- Facilitamos SOPORTE TÉCNICO antes, durante y después de la aplicación de producto, según acuerdos con el CLIENTE.

DE

Depósito a Cuenta corriente a nombre de Z ADITIVOS S.A.

CTA. CTE. Banco Continental (Soles): 0011-0384-0100007109-50

CTA. CTE. Banco de Crédito (Soles): 191-0620087004

CTA. CTE. Scotiabank (Soles): 000-3249204

*Ilustración 33. PRENSA DE CONCRETO, FORNEY. F-1100KNB-CPILOT, Serie 17027.*



*Fuente: elaboración propia*

Ilustración 34. CERTIFICADO DE CALIBRACION – PRENSA DE CONCRETO, PyS Equipos.

**PyS**  
**EQUIPOS**

LABORATORIO DE METROLOGIA

Página: 1 de 3

---

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**      **Número: 1269 / 17**  
*Certificate of calibration*      *Number:*

---

INSTRUMENTO : PRENSA CONCRETO  
*Instrument*

FABRICANTE : FORNEY  
*Manufacturer*

MODELO : F-1103KNB-CPILOT  
*Model*

NÚMERO DE SERIE : 17027  
*Serial Number*

RANGO DE MEDICIÓN : 0 - 100.000 kgf  
*Measurement range*

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
*Customer*

CLASE DE PRECISIÓN : 1  
*Accuracy*

FECHA DE CALIBRACION : 2017 - 12 - 21  
*Date of calibration*

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

---

Este certificado expresa fehaciente 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 report of the results of measurements performed. The certificate may not be partially reproduced, unless 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 pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.  
 The result of this certificate refers to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages arising from use of the calibrated instrument.

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

Calle 4, Mz F1 L1. 05 Urb. Virgen del Rosario - Llama 31  
 ☎ Tel.: 405 3073 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 056 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 35. HP – 300 Superplastificante - ULMEN*



*Fuente: elaboración propia*



Ilustración 36. Ficha técnica Nanosilice HP – 300 – ULMEN.



## HP-300

Nanosilice para prefabricados

Fecha de Emisión: Dic 20, 16  
Revisión: 3  
Fecha de Revisión: Abr 15, 19  
Página: 1 de 1

Industrias Ulmen S.A. Aditivos para concreto

### Descripción

HP-300 pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en la mezcla cementicia convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

Es Adicionante, líquido, a los cementos usados para la elaboración de elementos prefabricados



### Aspectos Técnicos

HP-300 ha sido diseñado especialmente para conseguir resistencias de 300 kg/cm<sup>2</sup> a 18 horas, sin necesidad de utilizar curado al vapor.

Aporta mantención de la trabajabilidad al concreto, sin afectar el desarrollo de resistencias tempranas.



### Reducción de costo

Permite disminuir la cantidad de cemento para cumplir con la resistencia del diseño

Elimina el uso de vapor y acorta los tiempos de desmolde. Consecuencialmente, la disminución en las actividades operacionales es notable.

### Dosis

Recomendamos dosis de acuerdo a los concretos a elaborar. Lo ideal es contactar el servicio técnico ULMEN para optimizar su uso.

### Duración

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

### Presentación

En cilindro plástico de 220 kg  
En dispenser retornable de 1100 kg

### Clasificación

HP-300 se clasifica como aditivo tipo F (superplastificante) según ASTM C494

### Propiedades físicas

Apariencia : Líquido  
Color : Blanco Opalescente  
Densidad : 1,06 ± 0,02 g/mL  
Sólidos : 29,5 ± 3,5

Cooperativa las Vertientes, Calle 4, Mz C-1 Sub Lt 2-F Villa El Salvador – Lima  
Teléfonos (01) 719-4126 / 719-4127

[www.cognoscibletechnologies.com](http://www.cognoscibletechnologies.com)

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)

Fuente: elaboración propia

*Ilustración 37. Neopreno utilizado para la rotura de probetas.*



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 38. ENSAYO N° 1, asentamiento para el diseño de concreto patrón corregido.**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 39. Ensayo del asentamiento para el diseño de concreto patrón corregido.**



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 40. ENSAYO N° 1 – Concreto patrón, muestras en estado fresco**



*Fuente: elaboración propia*

**Imagen ENSAYO N° 1 – Primeras muestras concreto patrón corregido.**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 41. ENSAYO N° 2 – Concreto patrón, medida del asentamiento entre de 5 a 10 minutos.**



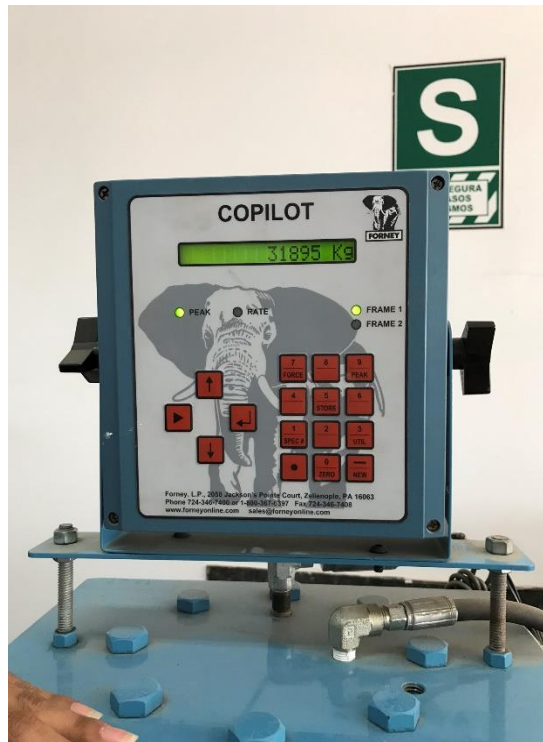
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 42. ENSAYO N° 2 – Peso de las muestras en estado fresco.**



*Fuente: elaboración propia*

*Ilustración 43. MUESTRA 01 – Rotura a las 24 horas.*



*Fuente: elaboración propia*

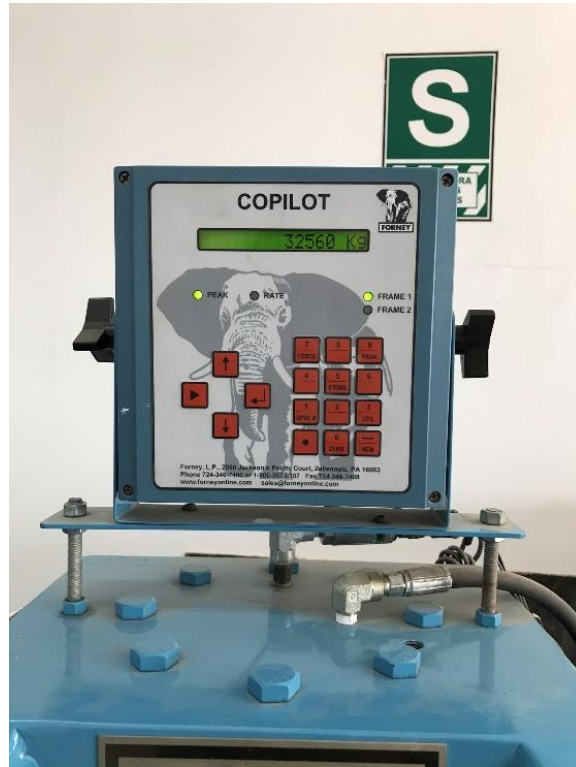
*Ilustración 44. MUESTRA 01 – Tipo de falla*



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 45. MUESTRA 02 – Rotura a las 24 horas.**



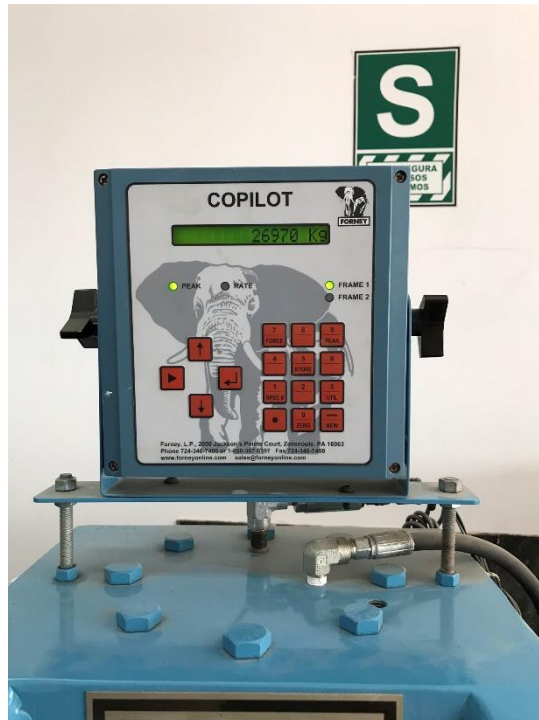
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 46. MUESTRA 02 – Tipo de falla.**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 47. MUESTRA 03 – Tipo de falla.**



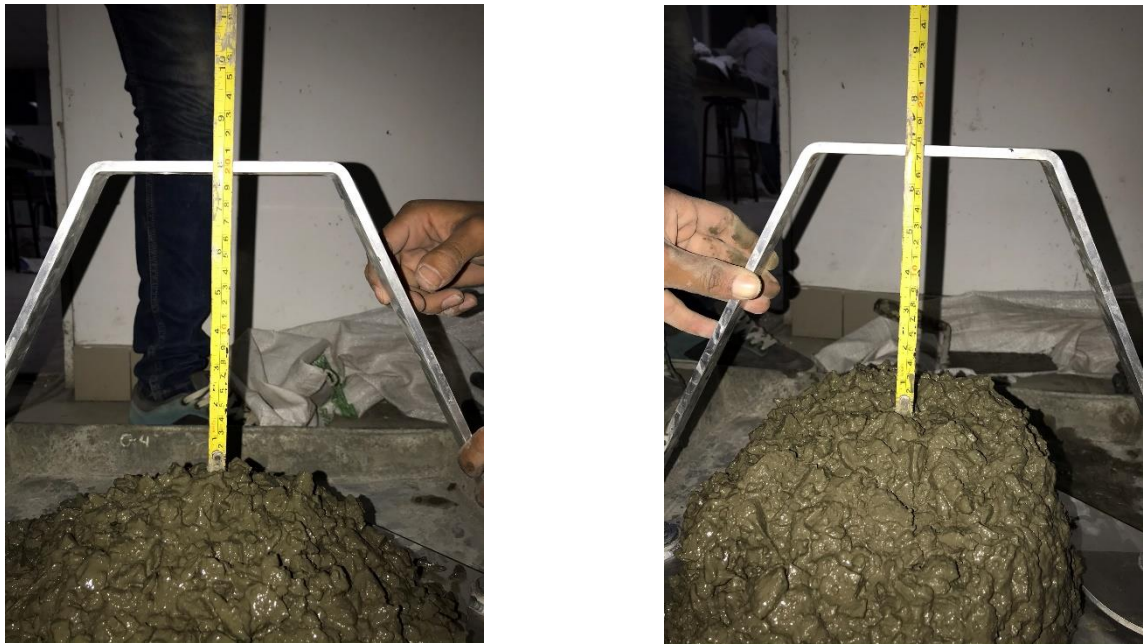
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 48. MUESTRA 03 – Tipo de falla.**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 49. ENSAYO N° 3, ensayo de asentamiento entre 5 y 20 minutos después del mezclado.**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 50. ENSAYO N° 3, Muestras en estado fresco.**



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 51. ENSAYO N° 3, Muestras en estado fresco.**



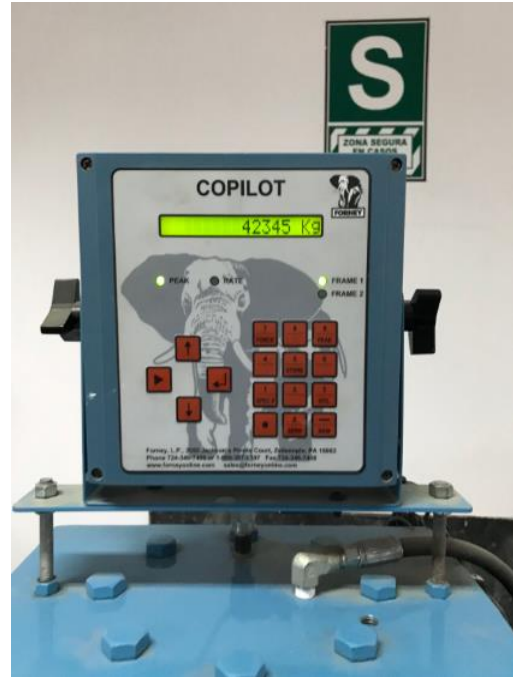
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 52. MUESTRA 04, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días.**



*Fuente: elaboración propia*

*Ilustración 53. MUESTRA 05, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días*



*Fuente: elaboración propia*

*Ilustración 54. MUESTRA 05, ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días.*



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 55. ENSAYO N° 4, Diseño incorporando poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 56. ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 57. ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%**



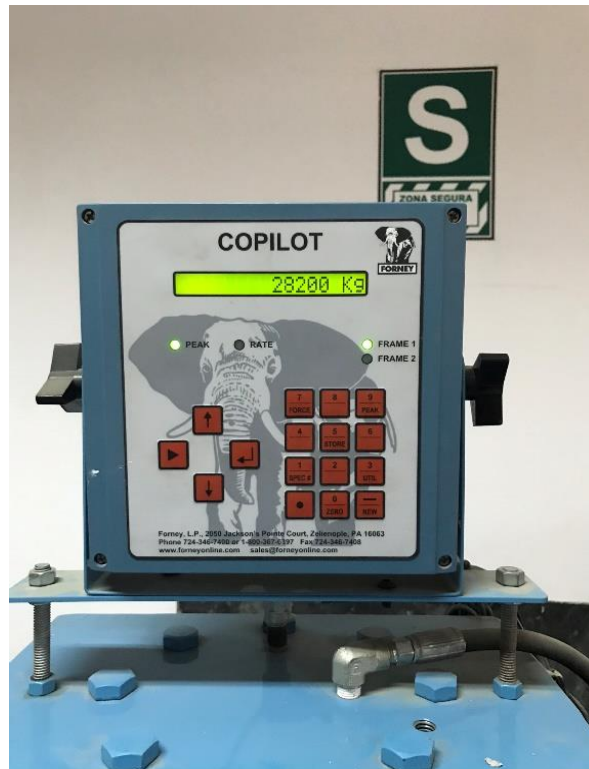
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 58. ENSAYO N° 4, Muestras con poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 59.** MUESTRA N° 13, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 60.** MUESTRA N° 13, tipo de falla – EPS= 10%



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 61.** MUESTRA N° 14, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%



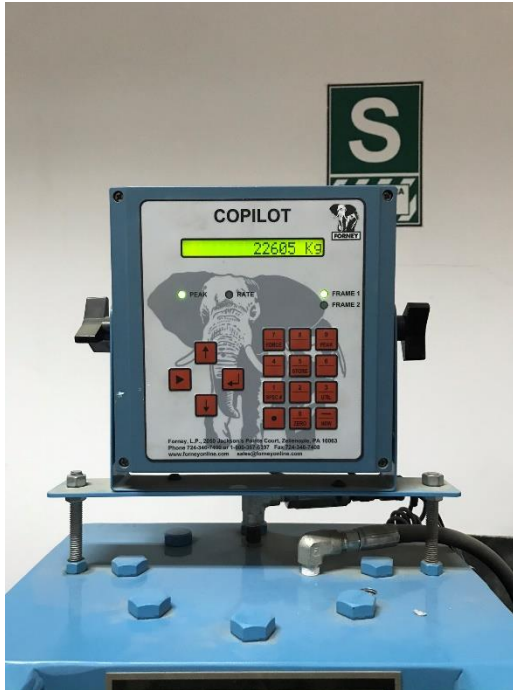
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 62.** MUESTRA N° 13, tipo de falla – EPS= 10%



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 63. MUESTRA N° 15, Carga máxima debido al esfuerzo de compresión – EPS = 10%**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 64. ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 65. ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10%**



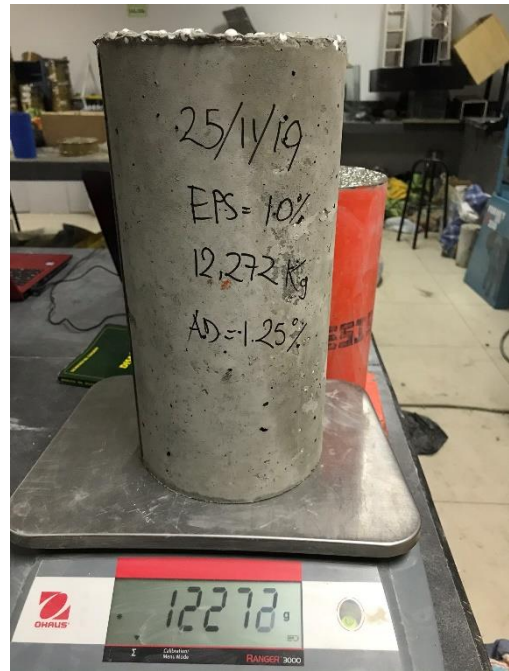
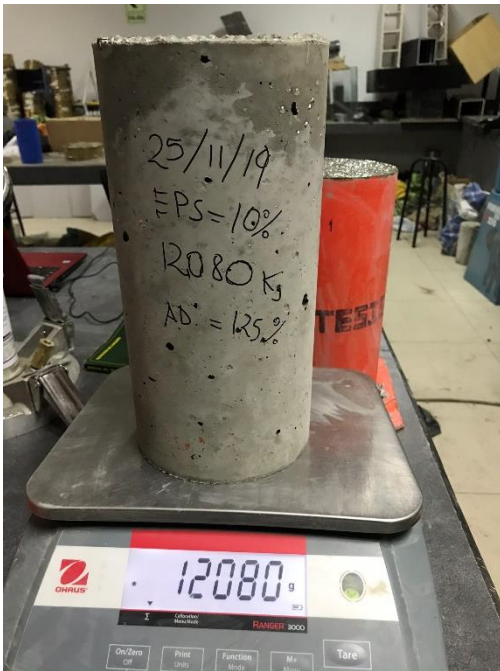
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 66. ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10%**



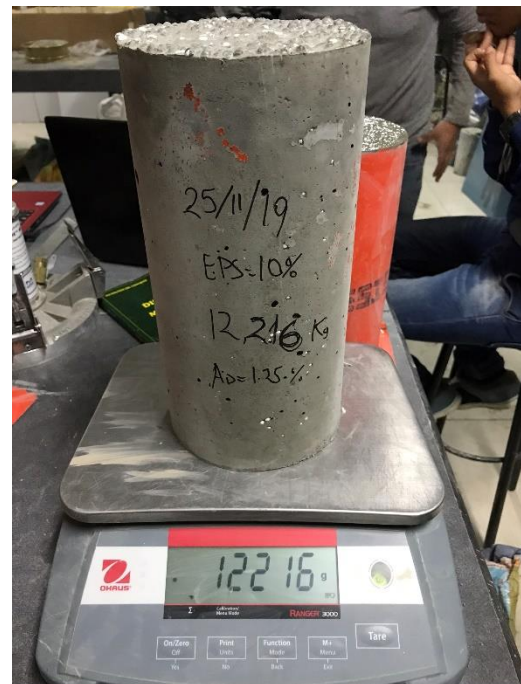
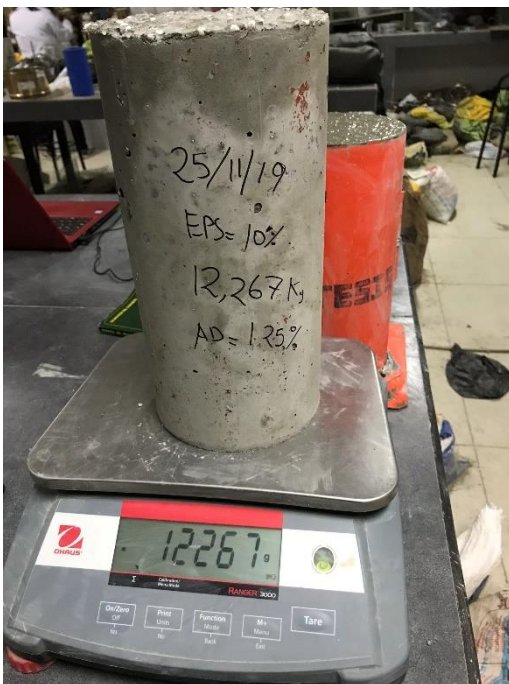
*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 67. ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 68. ENSAYO N° 5, Muestras con poliestireno expandido 10%**



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 69 . ENSAYO N° 6, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 15 %**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 70. ENSAYO N° 6, Muestras con poliestireno expandido 15 %**



*Fuente: elaboración propia*



**Ilustración 71. ENSAYO N° 6, Muestras con poliestireno expandido 15 %**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 72. ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 %**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 73. ENSAYO N° 7, Asentamiento de la mezcla con poliestireno expandido 20 %**



*Fuente: elaboración propia*

**Ilustración 74. ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 %**



*Fuente: elaboración propia*



Ilustración 75. ENSAYO N° 7, Diseño de mezcla incorporando poliestireno expandido 20 %



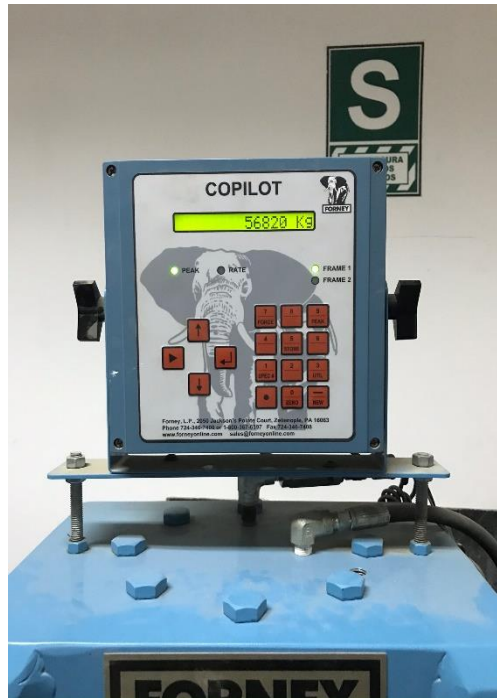
Fuente: elaboración propia

Ilustración 76. Rotura de probetas, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 77. Carga máxima a la rotura,  $EPS = 15\%$



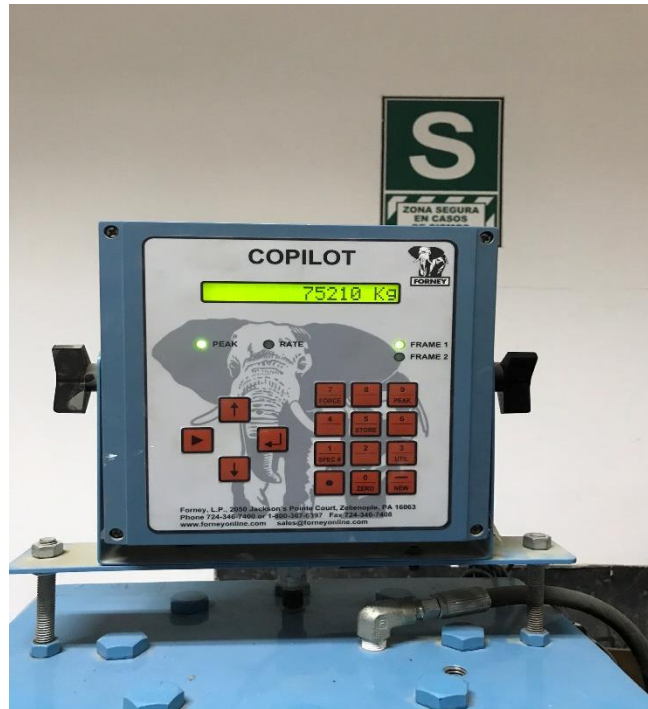
Fuente: elaboración propia

Ilustración 78. Tipo de falla, diseño con  $EPS = 15\%$



Fuente: elaboración propia

Ilustración 79. Carga máxima a la rotura, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia

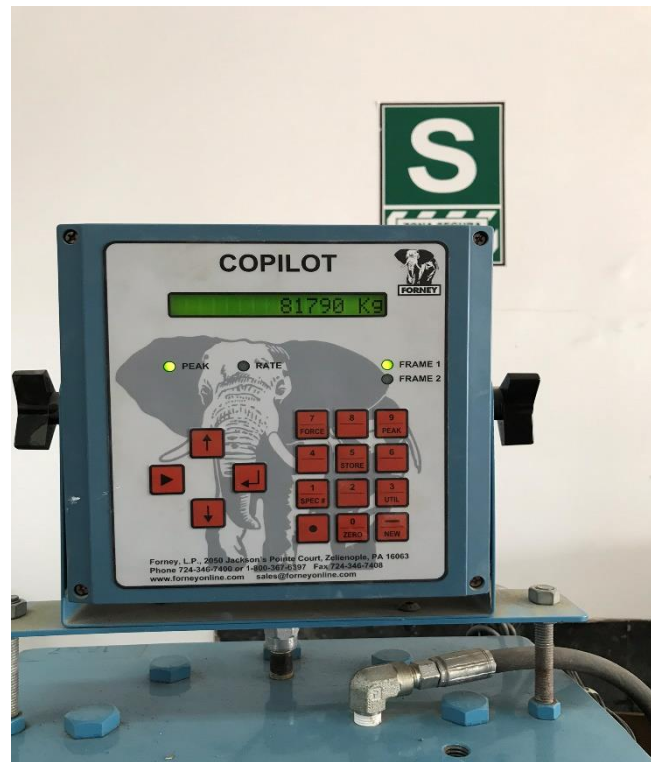
Ilustración 80. Tipo de falla, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia



Ilustración 81. Carga máxima a la rotura, EPS = 15%



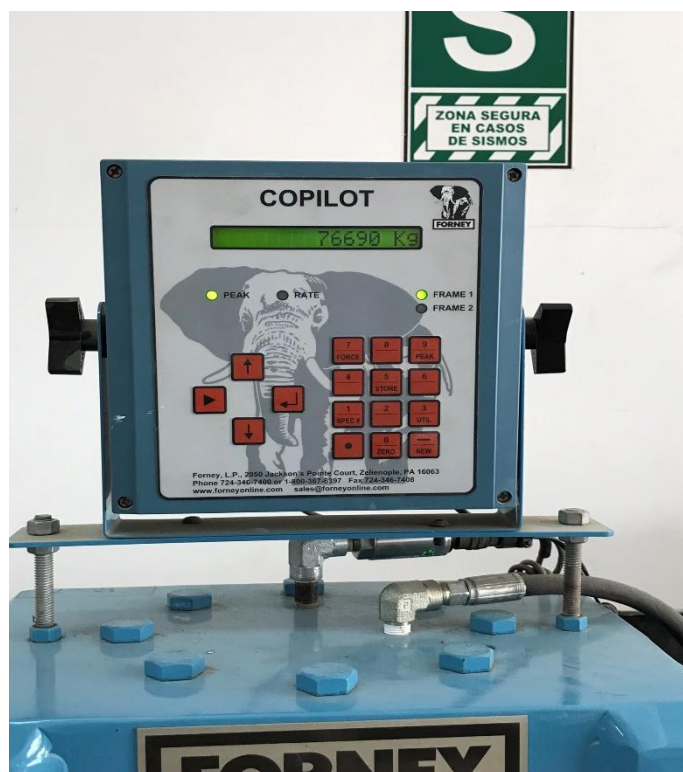
Fuente: elaboración propia

Ilustración 82. Tipo de falla, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 83 Carga máxima a la rotura, EPS = 15%



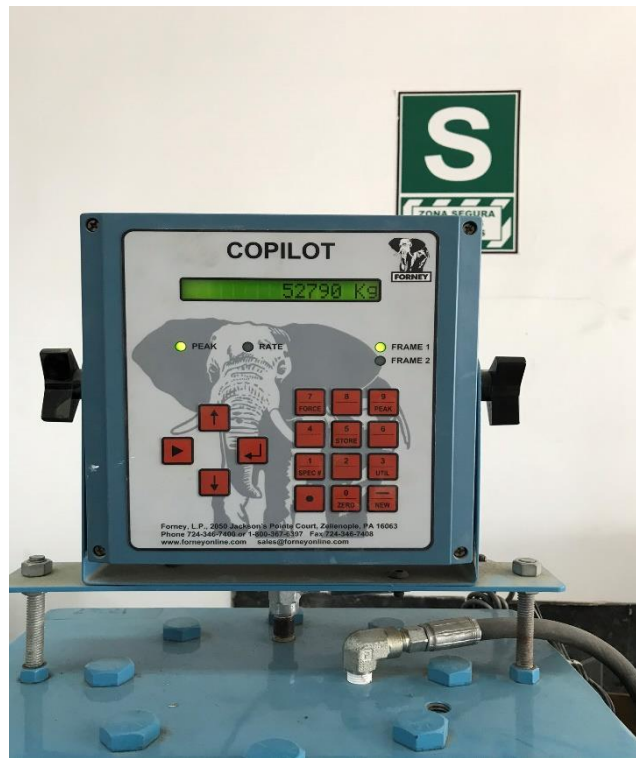
Fuente: elaboración propia

Ilustración 84 Tipo de falla, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 85 Carga máxima a la rotura, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 86 Tipo de falla, EPS = 15%



Fuente: elaboración propia



*Ilustración 87 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%*



*Fuente: elaboración propia*

*Ilustración 88 Tipo de falla, EPS = 20%*



*Fuente: elaboración propia*

Ilustración 89 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%



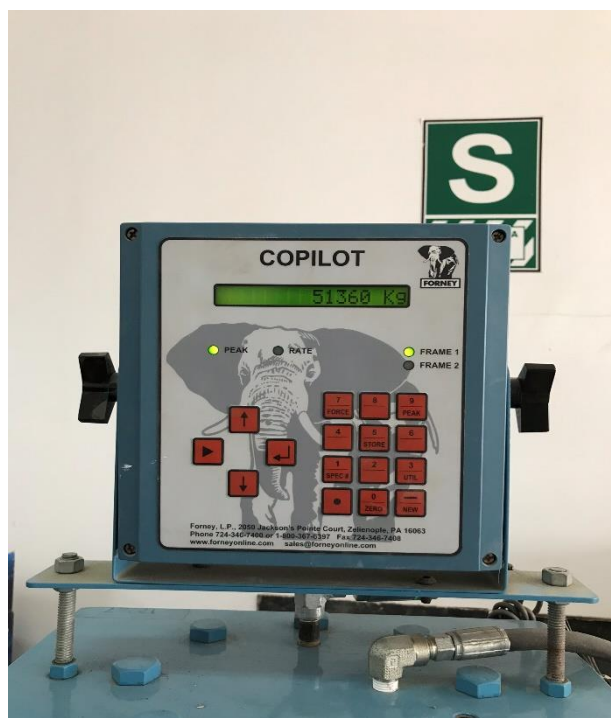
Fuente: elaboración propia

Ilustración 90 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 91 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%



Fuente: elaboración propia

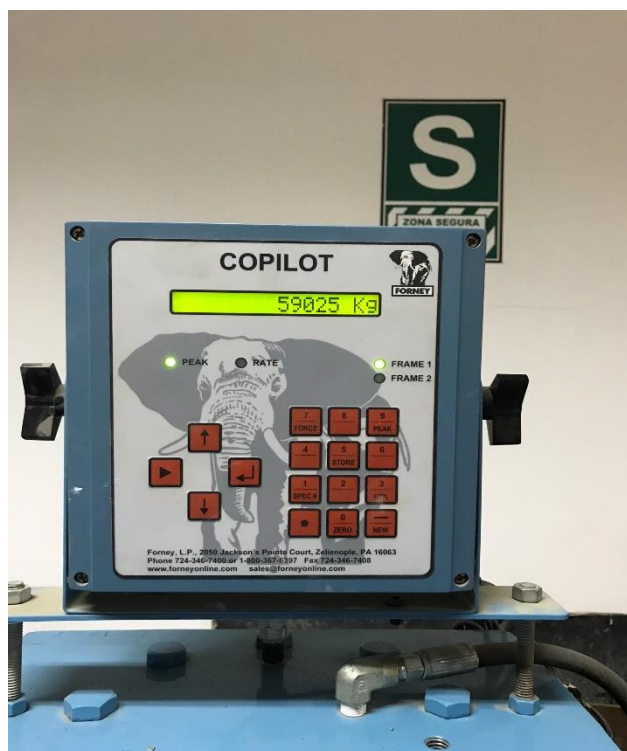
Ilustración 92 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%



Fuente: elaboración propia



Ilustración 93 Carga máxima a la rotura, EPS = 20%



Fuente: elaboración propia

Ilustración 94 Tipo de falla, EPS = 20%



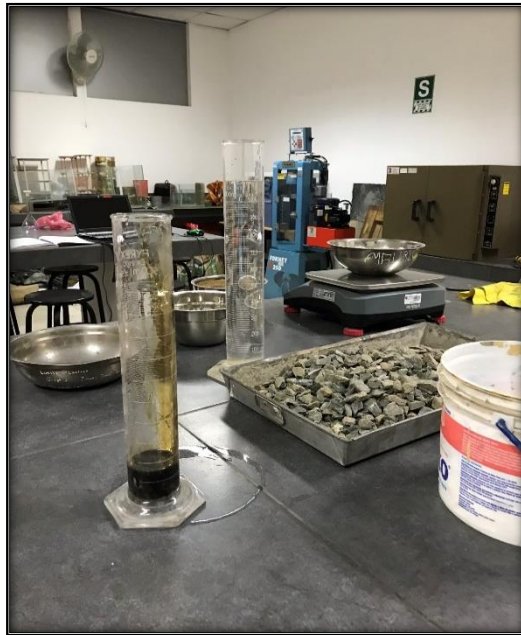
Fuente: elaboración propia

# DISEÑOS FALLIDOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
Elaboración de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019						
INTEGRANTES						
AUJAPUCLLA ESCALANTE BONNER						
NORIEGA VALDIVIEZO PAUL						
f'c=450 Kg/cm2		F'cr= 613.86			Kg/cm2	
DESCRIPCION	UND	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5
Cemento	Kg	698.9	698.9	698.9	557.19	613.86
Agregado Grueso	Kg	1223.08	1223.08	856.66	733.84	975.195
Agregado Fino	Kg	358.8	358.8	358.8	358.8	504.74
Agua	Kg	190	190	190	195	233.27
Aire	%	0.02	0.02	0.02	0.02	2.5
Microsilice	%	10	5	10	10	12
Aditivo	Z Reductor					
	Sp	%	1	2	1.5	1.8
	Hp-300	%	-	-	-	-
EPS Piedra	%	-	-	30	40	20
Slump	diseño	Pulg	2-3"	2-3"	2-3"	2-3"
	mezclado		1"	1.5"		
F'c	Kg/cm2					
Peso Unitario	Kg	<b>2470.8</b>	<b>2470.8</b>	<b>2104.38</b>	<b>1844.85</b>	<b>2,218.95</b>



*Prueba piloto pesado de materiales*



*Fuente: elaboración propia*

*presentación de materiales pesados.*



*Fuente: elaboración propia*

*Prueba de asentamiento.*



*Fuente: elaboración propia*

*Medida del Slump.*



*Fuente: elaboración propia*



*Z reductor SP*



*Fuente: elaboración propia*

Se solicitó un nuevo producto de la marca Z aditivos, un superplastificante reductor de agua de alto rango con valores entre 30 y 40% de reducción, con lo cual se espera que la mezcla tenga una mejor trabajabilidad debido a la baja relación a/c del diseño y por la cantidad de microsílíce empleado.



*Pesado de material para ensayo de granulometria*



*Fuente: elaboración propia*

*Pesado de material para ensayo de granulometria*



*Fuente: elaboración propia*

*Perlas de poliestireno expandido*



*Fuente: elaboración propia*

*Z reductor SP*



*Fuente: elaboración propia*

*Ensayo con Z reductor SP*



*Fuente: elaboración propia*

*Medida del asentamiento con el cono de abrams*



*Fuente: elaboración propia*

*Medida del asentamiento con el cono de abrams*



*Fuente: elaboración propia*

*Primeras muestras – Concreto patrón*



*Fuente: elaboración propia*



*Primeras muestras – Concreto patrón*



*Fuente: elaboración propia*

*Curado de probetas*



*Fuente: elaboración propia*

*Visita de alumnos al laboratorio de la UCV*



*Fuente: elaboración propia*

*Primeros ensayos incorporando poliestireno expandido*



*Fuente: elaboración propia*

*Primeros ensayos incorporando poliestireno expandido*



*Fuente: elaboración propia*

*Proceso de mezclado entre el tecnopor y la pasta*



*Fuente: elaboración propia*

**Imagen** *Proceso de mezclado terminado*





*Fuente: elaboración propia*

Se puede apreciar que la mezcla presenta un bajo Slump y que las perlas de tecnopor no se encuentran adheridas del todo a la pasta.

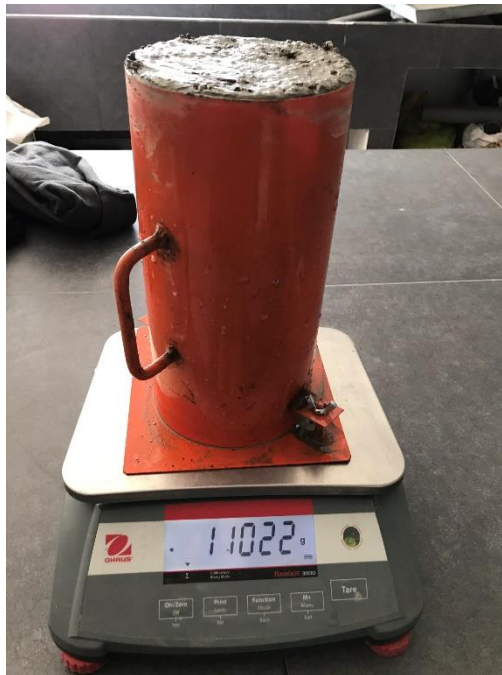


*Medida del slump*



*Fuente: elaboración propia*

*Peso de la mezcla en estado fresco*



*Fuente: elaboración propia*

**Imagen Primeras muestras**



*Fuente: elaboración propia*

**Formato para rotura de probetas UNILEM**

SOLICITUD DE SERVICIO		USUARIO	FECHA	EXAMINADOR			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS NTP 200.024		UNILEM	28/10/19				
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>	PREFERENCIAL			
CÁLCULO DE MUESTRO:		SI	<input type="checkbox"/>	NO			
SOLICITANTE (EMPRESA)		CONCRETO JOSEF ACQUIROLA ESCOBARTE					
RUC (Cancela el Ensayo)							
OBRA		Ejecucion de un concreto trazo de alta resistencia en zapatas esp-200"					
UBICACION DE LA OBRA							
OBSERVACIONES							
REPRESENTANTE DEL SOLICITANTE		CONCRETO JOSEF ACQUIROLA ESCOBARTE					
DNI: 76279754		Telef: 992618516	Firma: [Firma]	Fecha: 28/10/19			
<p><b>REQUISITOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El ensayo debe ser realizado en un laboratorio acreditado por el INEN.</li> <li>El ensayo debe ser realizado en un laboratorio acreditado por el INEN.</li> <li>El ensayo debe ser realizado en un laboratorio acreditado por el INEN.</li> </ul>							
<p><b>Tipos de Fractura:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Fractura por compresión  <input type="checkbox"/> Fractura por tensión  <input type="checkbox"/> Fractura por flexión  <input type="checkbox"/> Fractura por torsión                 </p>							
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA		DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO FRACURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	19A	28/10/19					
2	19A	28/10/19					
3	19A	28/10/19					
4	19A	28/10/19					

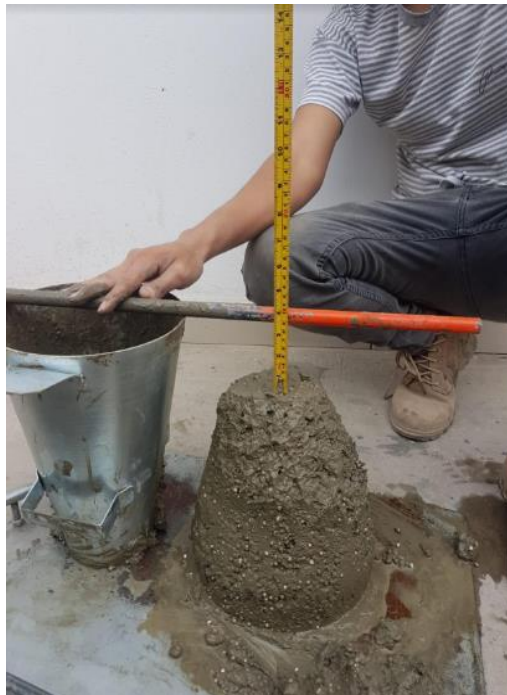
*Fuente: elaboración propia*

*Imagen Primeras muestras*



*Fuente: elaboración propia*

*Imagen Primeras muestras*



*Fuente: elaboración propia*



*Rotura de probetas en la Universidad Cesar Vallejo*



*Fuente: elaboración propia*

*Rotura de probetas en la Universidad Cesar Vallejo*



*Fuente: elaboración propia*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : BONNER JHOSEP AUJAPUCLLA ESCALANTE  
**Obra** : "ELABORACIÓN DE UN CONCRETO LIVIANO DE ALTA RESISTENCIA INCORPORANDO ESP-2019"  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4353  
**Recibo N°** : 68334  
**Fecha de emisión** : 29/10/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 4 probetas cilíndricas de concreto.  
**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial PROETI.  
 Certificado de Calibración CMC - 067-2019  
**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.  
**4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	1P	24/10/2019	29/10/2019	174.8	58.203	333	Tipo 5
2	2P	24/10/2019	29/10/2019	176.4	44.282	251	Tipo 3
3	1 PA	25/10/2019	29/10/2019	177.3	24.471	138	Tipo 3
4	2 PA	25/10/2019	29/10/2019	177.8	21.695	122	Tipo 3

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. A. A. G.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

