

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  MPa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Gustavo Manayay Pariacuri**

**ASESOR**

**Hector Augusto Gamarra Uceda**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, 2025**

**Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  MPa fabricado mediante  
sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor**

PRESENTADA POR

**Gustavo Manayay Pariacuri**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Luis Alberto Vidal Meza  
PRESIDENTE

Victor Manuel Tepe Atoche  
SECRETARIO

Hector Augusto Gamarra Uceda  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso para superar los obstáculos.

A mi amada familia, en especial a mi querido padre y hermanas(os) y tío, cuyo amor y apoyo incondicional han sido mi mayor inspiración, quienes siempre creyeron en mí y me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia.

## **Agradecimientos**

A mis padres, por ser ejemplo a seguir.

A mis hermanas(os) por su apoyo incondicional, amor y aliento han sido mi fuente de fortaleza y motivación a lo largo de esta travesía académica.

# PROYECTO DE TESIS.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
8	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
<b>Bases tóricas.....</b>	<b>22</b>
<b>Definición de términos básicos .....</b>	<b>34</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>35</b>
<b>Tipo de investigación.....</b>	<b>35</b>
<b>Hipótesis:.....</b>	<b>36</b>
<b>Variables – operacionalización .....</b>	<b>36</b>
<b>Población y muestra de estudio.....</b>	<b>37</b>
<b>Matriz de consistencia.....</b>	<b>40</b>
<b>Procedimiento .....</b>	<b>41</b>
<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>79</b>
<b>Características de los agregados .....</b>	<b>79</b>
<b>Diseño de concreto.....</b>	<b>88</b>
<b>Asentamiento del concreto .....</b>	<b>92</b>
<b>Peso unitario del concreto .....</b>	<b>93</b>
<b>Resistencia a la compresión del concreto .....</b>	<b>93</b>
<b>Resistencia a la flexión del concreto .....</b>	<b>99</b>

<b>Modulo de elasticidad y poissón del concreto.....</b>	<b>99</b>
<b>Análisis de una estructura .....</b>	<b>104</b>
<b>Análisis de propiedades del concreto: .....</b>	<b>123</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>133</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>135</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>136</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>140</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla N° 1: Granulometría del agregado fino .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla N°2: Operacionalización de variables .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N°3: Cantidad de muestra para SLUMP .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla N°4: Cantidad de probetas para peso unitario .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla N°5: Cantidad de probetas para resistencia a la compresion .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla N°6: Cantidad de probetas para resistencia a la flección .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla N°7: Cantidad de probetas para modulo de elasticidad y poisson .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla N°8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla N°9: Matriz de consistencia .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla N°10: Cantidad de masa para contenido de humedad según el TMN .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla N°11: Peraltes para losas.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla N°12: Carga viva para viviendas.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla N°13: Peso unitario de elementos estructurales .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla N°14: Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino NTP 400.012 .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla N°15: Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino NTP 400.012 .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla N°16: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla N°17: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N°18: Resultados del ensayo de peso específico de la arena .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N°19: Resultados del ensayo de peso específico del agregado grueso.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N°20: Resultado del peso unitario suelto del aagregado fino .....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla N°21: Resultado del peso unitario compactado del agregado fino.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N°22: Resultado del peso unitario suelto del aagregado grueso.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N°23: Resultado del peso unitario compactado del agregado grueso .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N°24: Resultado del SLUMP del concreto .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°25: Resultado del peso unitario del concreto en estado fresco .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°26: Resultado del peso unitario del concreto en estado endurecido .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°27: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto patrón .....</b>	<b>95</b>

<b>Tabla N°28: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>96</b>
<b>Tabla N°29: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla N°30: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla N°31: Resultado de la resistencia a la flexión del concreto .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla N°32: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson para concreto patron.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla N°33: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla N°34: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla N°35: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla N°36: Predimensionamiento de columnas.....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla N°37: Predimensionamiento de vigas dirección x-x.....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla N°38: Predimensionamiento de vigas dirección y-y .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla N°39: Predimensionamiento de vigas chatas .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla N°40: Peraltes o espesores minimos de losas .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla N°42: Peso propio de albañileria .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla N°43: Peso propio de losa aligerada.....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla N°44: Parametros sismicos .....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla N°45: Masa sísmica de la estructura analizada con concreto patrón.....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla N°46: Derivas x-x de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla N°47: Derivas y-y de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla N°48: Ratios x-x de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla N°49: Ratios y-y de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla N°50: Masas participativas de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>118</b>
<b>Tabla N°51: Cortantes en la base de la estructura analizada con concreto patrón .....</b>	<b>118</b>

<b>Tabla N°52: Masa sísmica de la estructura analizada con concreto con 15% de Tecnopor. ....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla N°53: Derivas x-x de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor.. ....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla N°54: Derivas y-y de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor.. ....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla N°55: Ratios x-x de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor... ....</b>	<b>120</b>
<b>Tabla N°56: Ratios y-y de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor... ....</b>	<b>120</b>
<b>Tabla N°57: Masas participativas de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor ....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla N°58: Cortantes en la base de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor ....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla N°59: Compracion de dosificacion en resistencia y durabilidad en peso para concreto <math>f_c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> ....</b>	<b>121</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N°1: Agregado grueso en el horno .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura N°2: Tamices para granulometría de agregado grueso .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura N°3: peso de la muestra de agregados para contenido de humedad.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura N°4: Agregado húmedo puesto al horno .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura N°5: Balanza y recipiente para contenido de humedad .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura N°6: Peso del agregado fino para ensayo de peso específico .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura N°7: Picnómetro para ensayo de peso específico del agregado fino.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura N°8: Picnómetro con agregado fino .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura N°9: Retiro del aire de la muestra.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura N°10: Peso de la muestra de agregado fino retirada del picnómetro .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura N°11: Peso de la muestra seca de agregado fino retirada del picnómetro .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura N°12: Canastilla para ensayo de peso específico del agregado fino .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura N°13: Lavado del agregado grueso para ensayo de peso específico agregado grueso .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura N°14: Peso de agregado grueso seco.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura N°15: Apisonado de agregado.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura N°16: Enrasado del agregado.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura N°17: Peso unitario compactado de los agregados.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura N°18: Llenado de moldes con agregados.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura N°19: Peso unitario suelto de los agregados .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura N°20: Medida del diámetro del Tecnopor.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura N°21: Color del Tecnopor.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura N°22: forma del Tecnopor .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura N°23: Peso unitario del concreto fresco .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura N°24: Toma de lectura de SLUMP.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura N°25: Curado de probetas de concreto .....</b>	<b>67</b>

<b>Figura N°26: Probetas de concreto en agua hasta el día de su ensayo .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura N°27: Toma de medidas de testigos cilíndricos de concreto .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura N°28: Probetas de concreto en prensa hidráulica.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura N°29: Vigas de concreto .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura N°30: Vigas de concreto en agua hasta el día de su ensayo .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura N°31: Vigas de concreto en prensa hidráulica .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura N°32: Predimensionamiento de columnas según la E060 .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura N°33: Predimensionamiento de vigas según la E060 .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura N°34: Espectro inelástico .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura N°35: Cuarteo de la muestra de agregado fino.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura N°36: Grafica de la curva granulométrica .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura N°37: Grafica de la curva granulométrica .....</b>	<b>83</b>
<b>Figura N°38: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto patrón .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura N°39: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura N°40: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura N°41: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor .....</b>	<b>98</b>
<b>Figura N°42: Grafica comparativa de las curvas de resistencia a la compresión vs edad del concreto .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura N°43: distribución arquitectonica .....</b>	<b>105</b>
<b>Figura N°44: corte a-a y corte b-b.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura N°45: cargas asignadas para estructura de concreto patrón.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura N°46: cargas asignadas para estructura de concreto con 15% de Tecnopor .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura N°47: sobrecargas asignadas para las estructuras .....</b>	<b>113</b>
<b>Figura N°48: Espectro del proyecto .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura N°49: Resultados del ensayo de peso unitario en estado fresco de los concretos</b>	<b>123</b>

<b>Figura N°50: Resultados del ensayo de peso unitario en estado endurecido de los concretos.....</b>	<b>124</b>
<b>Figura N°51: Asentamiento (SLUMP) de los concretos .....</b>	<b>125</b>
<b>Figura N°52: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos a los 28 días</b>	<b>127</b>
<b>Figura N°53: Comparación de la resistencia a la flexión de los concretos a los 28 días</b>	<b>128</b>
<b>Figura N°54: Comparación del módulo de elasticidad experimental de los concretos a los 28 días .....</b>	<b>129</b>
<b>Figura N°55: Comparación del módulo de elasticidad según ACI 318 de los concretos a los 28 días .....</b>	<b>130</b>
<b>Figura N°56: Comparación de la razón de poisson de los concretos a los 28 días .....</b>	<b>131</b>

## Resumen

La investigación se enfocó en evaluar el impacto de sustituir parte del agregado grueso con Tecnopor en diferentes proporciones (5%, 10% y 15%) sobre las propiedades del concreto. Se analizaron diversas características en estados fresco y endurecido, incluyendo asentamiento, peso unitario, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y relación de Poisson. Se observó una clara disminución en el peso unitario a medida que aumentaba el porcentaje de reemplazo, lo que sugiere una posible ventaja estructural en términos de reducción de peso. Aunque los valores de asentamiento superaron las 3 pulgadas, el módulo de elasticidad y la relación de Poisson se mantuvieron dentro de rangos aceptables. Además, se llevó a cabo un análisis comparativo con datos experimentales de laboratorio para respaldar los hallazgos.

La Propuesta 1, que representa el concreto estándar, exhibió una masa sísmica total de 72.7696 tn-s<sup>2</sup>/m y una masa sísmica de 0.9393 Tn/m<sup>2</sup>. Se optó por un enfoque de simetría para mejorar las irregularidades torsionales mediante el uso de placas, logrando una participación de masa en los ejes principales de 0.76% en ux, 0.75% en uy y 0.74% en RZ. El esfuerzo cortante estático fue superior al de la Propuesta 2 debido a la mayor masa sísmica.

Por otro lado, la Propuesta 2, que incorpora un 15% de Tecnopor en el concreto, presentó una masa sísmica total de 68.85 tn-s<sup>2</sup>/m y una masa sísmica de 0.88 Tn/m<sup>2</sup>. Se mantuvo el enfoque de simetría con el uso de placas para mejorar el sistema y se logró una participación de masa en ejes principales de 0.7606% en ux, 0.7457% en uy y 0.741% en RZ. El esfuerzo cortante estático fue menor que en la Propuesta 1 debido a la reducción de la masa sísmica.

**Palabras clave:** Sustitución, concreto, Tecnopor, resistencia a la compresión, propiedades mecánicas, análisis, masa sísmica.

## Abstract

The research focused on evaluating the impact of replacing part of the coarse aggregate with Tecnopor in different proportions (5%, 10% and 15%) on the properties of the concrete. Various characteristics were analyzed in fresh and hardened states, including slump, unit weight, compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity, and Poisson's ratio. A clear decrease in unit weight was observed as the replacement percentage increased, suggesting a possible structural advantage in terms of weight reduction. Although slump values exceeded 3 inches, the modulus of elasticity and Poisson's ratio remained within acceptable ranges. Furthermore, a comparative analysis was carried out with laboratory experimental data to support the findings.

Proposal 1, which represents standard concrete, exhibited a total seismic mass of 72.7696 tn-s<sup>2</sup>/m and a seismic mass of 0.9393 Tn/m<sup>2</sup>. A symmetry approach was chosen to improve torsional irregularities through the use of plates, achieving a mass participation in the main axes of 0.76% in  $u_x$ , 0.75% in  $u_y$  and 0.74% in RZ. The static shear stress was higher than that of Proposal 2 due to the greater seismic mass.

On the other hand, Proposal 2, which incorporates 15% Tecnopor in the concrete, presented a total seismic mass of 68.85 tn-s<sup>2</sup>/m and a seismic mass of 0.88 Tn/m<sup>2</sup>. The symmetry approach was maintained with the use of plates to improve the system and a mass participation in principal axes of 0.7606% in  $u_x$ , 0.7457% in  $u_y$  and 0.741% in RZ was achieved. The static shear stress was lower than in Proposal 1 due to the reduction in seismic mass.

**Keywords:** Replacement, concrete, Tecnopor, compression resistance, mechanical properties, analysis, seismic mass.

## Introducción

El concreto hoy en día es el material más usado en el rubro de la construcción, y debido a ello se está consumiendo con más frecuencia con el pasar de los años, tal es el caso que según datos estadísticos de la Asociación mundial de cemento y concreto [1], nos menciona que solo en el año 2022 se ha consumido 14 mil millones de m<sup>3</sup> de este material, el cual el 40 % se derivan hacia un ámbito residencial. Es por ello que debido al crecimiento de la población y por ende al aumento también el uso del concreto se tiene en cuenta la necesidad de generar un desarrollo sostenible en la productividad de este material, una opción es crear un concreto más liviano, que sea ecológico y de alta resistencia. Es bien sabido que el concreto cuya densidad no supere los 2000 kg/m<sup>3</sup> tiene importantes propiedades ya sea térmicas o de aislamiento acústico, pero un factor importante es que ayuda a reducir el peso de la estructura, esto debido básicamente a que al realizar un concreto ligero se estaría reduciendo en la cantidad de agregados a emplear en la fabricación del concreto.

Con todo lo mencionado en los últimos años los investigadores han intentado reemplazar los agregados convencionales por materiales más ligeros, ya sea agregados más livianos o algún tipo de plástico o poliéster, obteniendo resultados positivos [2].

Kavinkumar et al [3], menciona que debido a la explotación de los agregados que conforman el concreto, en la india los investigadores buscan la forma de reducir el consumo excesivo de los agregados, a su vez buscan generar un beneficio a las estructuras haciéndolos que reduzcan su peso, esto lo logran reemplazando parte de los agregados por materiales como cenizas volantes y cenosfera, así pues se obtiene un balance en cuanto a resistencia al reemplazar el agregado fino por cenizas volantes en un 25% y un 30% de cenosfera.

Por otra parte en países de Europa se busca que el concreto ligero cumpla con otras propiedades como el de resistencia al fuego, Dabbaghi et al [4], hacen referencia a la necesidad de que las estructuras ligeras cumplan esta propiedad, esto debido a la gran demanda y la importancia de diseñar este tipo de estructuras ya que estas pueden quedar expuestas a cargas sísmicas luego de un incendio, es por ello que se realizaron estudios a vigas de concreto elaborado con agregados ligeros, sometíéndolas a cargas cíclicas para evaluar su resistencia ante cargas de efecto sísmico. Los resultados obtenidos revelaron que las vigas elaboradas con concreto ligero muestran un desempeño mejor que las vigas elaboradas con concreto tradicional, a pesar de tener una menor resistencia a la compresión cuando estas están sometidas a temperatura ambiente.

De la misma manera en cualquier parte del mundo este tipo de estructuras se está empleando cada día más, debido a que como ya se mencionó ofrecen ventajas estructurales siendo la de mayor importancia lograr una estructura de menor peso, del rey Castillo et al [5] elaboraron un concreto con áridos elaborados a partir de residuos de plástico para poder evaluar el peso y resistencia, con lo cual se puede decir que dicha sustitución en un 15% del peso de los agregados genera un concreto de  $1800 \text{ kg/m}^3$ , el cual puede llegar a resistencia de hasta 20 MP.

En Ecuador debido a la demanda del uso del concreto, también se pretende buscar un reemplazo a los agregados, el cual permita obtener un concreto ligero con las mismas características que un concreto normal, tal es el caso que una opción viable es el poliestireno expandido, el cual al reemplazarlo por los agregados ofrece un concreto con una resistencia óptima y el cual puede llegar a pesar  $1842 \text{ kg/m}^3$  [6]. En el Perú también se han realizado investigaciones en la cual se emplea el poliestireno expandido también llamado Tecnopor como reemplazo del agregado, esto debido a que el Tecnopor es un material que está al alcance de todos, además resulta económico en comparación con el agregado tradicional, lo cual es un punto importante ya que en el ámbito de la construcción siempre lo que se busca es economizar, teniendo en cuenta ello, se realiza la verificación de las propiedades que ofrece el concreto con este reemplazo, lo cual se puede decir que el poliestireno puede generar una mayor resistencia a la compresión, lo cual sería una opción viable para la construcción.

El Tecnopor además es un material muy versátil, el cual se está usando más a menudo en el rubro de la construcción, por ejemplo, se usa en las juntas de dilatación, losas aligeradas, siendo el Tecnopor el reemplazo del ladrillo de techo, además se usa también con fines decorativos en interiores. Su uso se concentra también en el tiempo de ejecución en una obra, su ligereza y además que no se ve afectado con el contacto con el agua, adicional a ello sus propiedades mecánicas que ofrece y que es un buen aislante térmico. También resulta de costo accesible y su uso puede permitir que en zonas las cuales el suelo no soporta demasiada carga, se puedan construir edificios más esbeltos y robustos [7].

La presente investigación busca elaborar un concreto con reemplazos porcentuales en un 5%, 10% y 15% del agregado grueso con el fin de evaluar las características que ofrece y además de evaluar que reemplazo resulta mejor en cuanto a las propiedades de resistencia a la compresión y flexión, además se pretende realizar un modelamiento de una estructura teniendo en cuenta los datos experimentales para evaluar el comportamiento sísmico, así pues se puede obtener un análisis comparativo de las ventajas que puede ofrecer realizar un concreto liviano.

Con todo lo mencionado surge la pregunta de investigación: ¿De qué manera mejora el concreto al reemplazar porcentualmente el agregado grueso por partículas de Tecnopor?, con

esa interrogante se busca dar solución en la determinación si el concreto ligero es mejor al concreto tradicional, y saber en qué situaciones es conveniente su uso.

Esta investigación surge debido a que en Chiclayo se tiene un suelo con una capacidad portante menor a  $1 \text{ kg/cm}^2$  en muchas zonas, sin embargo, se puede observar edificios de gran envergadura, para los cuales a muchos de ellos en su construcción no se ha considerado la capacidad portante del suelo.

Por ello esta investigación permitirá concluir que el concreto reemplazando porcentualmente el agregado grueso por partículas de Tecnopor si permite obtener un concreto ligero el cual brinde mejores propiedades y además tenga un mejor comportamiento estructural ante eventuales efectos sísmicos, lo cual beneficiaría a construcciones a realizarse en zonas cuyos suelos son de capacidad portante baja.

El objetivo general es elaborar concreto liviano  $f_c=21 \text{ mpa}$  fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor. los objetivos específicos es caracterizar el Tecnopor como reemplazo del agregado grueso. Luego realizar el diseño del concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una  $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ . Después Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco mediante los ensayos peso unitario, asentamiento para el concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una  $F'_c=210\text{kg/cm}^2$  y Evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido mediante los ensayos resistencia a compresión, módulo de elasticidad, poissón y flexión para el concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una  $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ . Asimismo, Realizar el análisis estructural lineal para ambas propuestas utilizando una edificación de categoría C según la norma E030.

## Revisión de literatura

### Antecedentes

#### *Nivel internacional*

Rathika et al [8], realizaron una investigación reemplazando los agregados por poliestireno expandido en el concreto, esto con el fin de crear un concreto ligero para así poder obtener estructuras con menor densidad, de hasta 1440 kg/m<sup>3</sup> y 1840 kg/m<sup>3</sup>, el reemplazo se dio en 5 y 10% y se evaluó su resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Para lo cual se obtuvo que el concreto con reemplazo del 5% de los agregados logra una resistencia de 4.52 N/m<sup>2</sup> a los 7 días, una resistencia de 5.48 N/m<sup>2</sup> a los 14 días y una resistencia de 6.58 N/m<sup>2</sup> a los 28 días. Por otra parte el concreto cuyo reemplazo del agregado fue del 10% obtuvo una resistencia a la compresión de 3.87 N/m<sup>2</sup> a los 7 días, una resistencia a la compresión de 4.77 N/m<sup>2</sup> a los 14 días y una resistencia a la compresión de 5.61 N/m<sup>2</sup> a los 28 días, esto permitió conocer cómo influye el porcentaje de poliestireno agregado en el concreto con respecto a la resistencia, Además si bien al incorporar un reemplazo del 10 % de poliestireno se obtiene una resistencia menor, se puede emplear este tipo de concreto en estructuras para pisos últimos o en terraza lo cual ayudaría a reducir el peso muerto de la estructura en general.

Zeng et al [9], realizaron un estudio sobre la resistencia a carga axial del concreto con agregados ligeros reforzados con fibras de basalto y poliacrilonitrilo sometidos a efectos de congelamiento y deshielo, se evaluaron las curvas de tensión-deformación de compresión y los resultados demuestran que aunque dichas adiciones pueden mejorar su resistencia a la compresión, hubo una mejora con respecto a la fragilidad que este podría poseer ante efectos de congelamiento y deshielo, Es por ello que para una adicción optima se corrobora que debería ser entre 0.5% de fibras de basalto y 1% de poliacrilonitrilo.

Hussein et al [10], en su investigación buscan evaluar el comportamiento del concreto al reemplazar por completo los áridos por ladrillos de deshecho triturados, esto con el fin de salvaguardar los recursos y poder darle un uso efectivo a estos residuos, además que se busca crear un concreto más ligero, También se reemplazó el material cementante por 15% de humo de sílice y 15% de metacaolin, para lo cual se obtuvo una resistencia a la compresión de 39.5 y 41.5 Mpa respectivamente, con ello se concluye que se puede generar un concreto tan resistente como el tradicional si se reemplazan por otros más ligeros o de propiedades similares o mejores.

Samosir et al [11], en su investigación desarrollada en Indonesia tiene como objetivo utilizar el residuo de caña de azúcar como material de fibra en el concreto liviano, reemplazando parcialmente la piedra pómez como agregado grueso luego verificar si aumentan la resistencia a la compresión y tracción del diseño experimental del concreto liviano, el método fue experimental descriptiva y los resultados obtenidos de la prueba mostraron que el concreto liviano con un 0,25% de bagazo de caña de azúcar logra una resistencia a la compresión óptima de 13,74 MPa, en comparación con 12,83 MPa sin bagazo de caña de azúcar. Asimismo, se visualizó que la resistencia a la tracción aumentó significativamente hasta alcanzar 1,81 MPa con un 0,25% de fibras de bagazo, en comparación con 1,51 MPa sin bagazo de caña de azúcar, con ello se llegó a la conclusión que el bagazo de caña ayuda potencialmente a mejorar estas propiedades del concreto y además resulta un proceso ecológico, lo cual es beneficioso en muchos aspectos.

### ***Nivel nacional***

Usua and Jaime [12], evaluaron en su investigación el impacto al reemplazar parte del agregado grueso con Tecnopor para reducir la densidad del concreto sin alterar su resistencia. Se empleó una metodología experimental siguiendo las NTP y ASTM para realizar el diseño del concreto. Se evaluaron diferentes porcentajes de sustitución del agregado por Tecnopor: 10%, 20% y 30%, para un  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ . así mismo realizaron ensayos utilizando 36 muestras de concreto. Los resultados obtenidos después de 28 días de curado indicaron que el concreto convencional y experimentales con reemplazo del agregado grueso por material Tecnopor en 10%, 20% y 30% presentaron resistencias a compresión de 290.45 kg/cm<sup>2</sup>, 281.10 kg/cm<sup>2</sup> y 269,54 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, así también resultó que la densidad va disminuyendo a medida que se va sustituyendo el porcentaje, siendo de 2478.57 kg/m<sup>3</sup>, 2385.52 kg/m<sup>3</sup>, 2292.67 kg/m<sup>3</sup> y 2191.86 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Con todos los resultados obtenidos el autor llegó a la conclusión que el porcentaje óptimo de reemplazo es de 20%, ya que con este porcentaje no se logra estar por debajo de la resistencia requerida, además se disminuye un buen porcentaje de peso del concreto.

García and Alex [13], en su investigación realizada en Trujillo, cuyo objetivo es determinar el impacto de la sustitución porcentual de perlas de poliestireno en el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto ligero utilizado en losas aligeradas. Se empleó una

metodología experimental y aplicativa siguiendo las pautas establecidas. Durante el estudio, se varió la cantidad de sustitución del agregado fino, utilizando valores de sustitución de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% respectivamente. Se buscaba lograr una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Después de un período de curación a los 28 días, se obtuvieron los siguientes resultados al sustituir (Tecnopor): 283 kg/cm<sup>2</sup>, 276 kg/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> junto con sus respectivas características.

En cuanto al peso por unidad promedio, se registraron los siguientes valores: 2430 kg/m<sup>3</sup>, 2380 kg/m<sup>3</sup>, 2320 kg/m<sup>3</sup>, 2250 kg/m<sup>3</sup>, 2160 kg/m<sup>3</sup> y 2060 kg/m<sup>3</sup> para los mismos porcentajes de reemplazo anteriormente. En cuanto al asentamiento, se observaron los siguientes valores: 80 mm, 86 mm, 90 mm, 93 mm, 100 mm y 110 mm.

Además, el autor recomienda utilizar un porcentaje de sustitución del agregado fino del 40% para losas aligeradas, ya que se logra un asentamiento hasta 100 mm y un peso por unidad de 2157 kg/m<sup>3</sup>, lo cual es menor que el peso por unidad del concreto normal (entre 2200 kg/m<sup>3</sup> y 2400 kg/m<sup>3</sup>). Además, se alcanza una resistencia mayor que la mínima resistencia estructural indicada por la norma E.060.

Córdova and Fernando[14] en su tesis desarrollado en Lima y cuyo objetivo de estudio es determinar cómo el reemplazo de perlas de poliestireno afecta las características del diseño Fc 210kg/cm<sup>2</sup>. El enfoque metodológico se basa en la aplicación, la explicación y la experimentación. Los resultados de ensayos revelaron que al incorporar poliestireno de ¼" en la mezcla, se obtuvo un concreto ligero con propiedades mejoradas (un 102% de la resistencia de  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>), que además funciona como un aislante térmico, acústico y buen desempeño estructural.

Salvador and Antonio [15], en su tesis tuvo como objetivo principal reemplazar parcialmente el árido grueso en diferentes proporciones: 0%, 10% y 15%. La metodología fue aplicativa y explicativa, siguiendo las pautas de calidad y normas establecidas. Los resultados de investigación fueron los siguientes: la resistencia a compresión alcanzó los valores de 218.85 kg/cm<sup>2</sup>, 212.87 kg/cm<sup>2</sup>, 208.34 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que los pesos unitarios se registraron 2386.81 kg/m<sup>3</sup>, 2292.67 kg/m<sup>3</sup>, 2245.59 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Con estos resultados el autor indica que la proporción óptima de sustitución es del 10%, ya que es el punto de equilibrio entre resistencia y densidad.

### *Nivel local*

Culcas and Yigoin [16], investigaron acerca de los impactos en las características que es físicas y mecánicas al incorporar polietileno de alta densidad en concreto. El estudio metodológico es aplicado de carácter pre experimental. Los resultados obtenidos en la formulación del concreto, con una resistencia a una  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , revelaron que al introducir un 15% de polietileno con alta densidad se obtiene un incremento del 11,16% en la resistencia a la compresión del concreto en comparación con el concreto tradicional.

Mondragón [17], realizó una investigación con el propósito de saber cómo afecta en las propiedades físicas y además mecánicas del concreto la sustitución del agregado grueso por fibras de poliestireno, considerando un diseño inicial  $F'c = 210 \text{ y } 280 \text{ kg/cm}^2$  se optó por tomar reemplazos de 5%, 10% y 15 % y se evaluaron propiedades de densidad, compresión, flexión y módulo de elasticidad. Luego de obtener los resultados se concluyó que el reemplazo más óptimo es el de 5% debido a que es el porcentaje que menor altera los resultados de los ensayos ya mencionados, ya que los mayores porcentajes reducen considerablemente los resultados.

## **Bases tóricas**

### **CONCRETO**

El concreto es un material artificial que está compuesto por un componente ligante el cual se le conoce como pasta y por un componente ligado, el cual conocemos como los agregados. La pasta se forma de la mezcla del agua y cemento, y para el concreto es la fase continua ya que permanece siempre uniforme, mientras que los agregados son la parte discontinua, debido a que sus partículas no le permiten estar unidas entre sí por sí solas. El concreto puede tener distintas propiedades dependiendo de las características de los agregados. [18]

#### **IMPORTANCIA DEL CONCRETO:**

Hoy en día el material de construcción de mayor uso sin duda alguna es el concreto y si bien la calidad de este depende de la calidad de sus componentes y de un correcto diseño por parte del profesional encargado, se puede decir que el concreto es aun un material el cual se desconoce en muchos aspectos, ya sea de madurez de sus componentes, propiedades, mantenimiento, etc. Debido a todo ello se tiene la obligación de estar siempre investigando para poder conocer más acerca del concreto que va a ser objeto de nuestro uso. [18]

#### **VENTAJAS:**

- ❖ Resistencia: El concreto es un material adecuado para soportar cargas pesadas y resistir fuerzas externas. Esto lo hace adecuado para la construcción de estructuras duraderas, como edificios, puentes y presas.
- ❖ El concreto puede ser diseñado para actuar en distintas situaciones según lo requiera el proyecto, ya que sus componentes pueden ser modificados o sustituidos.
- ❖ Durabilidad: El concreto es un material duradero y puede resistir condiciones ambientales [19]

#### **DESVENTAJAS:**

- ❖ Resistencia a la tracción: es relativamente baja. Esto significa que tiende a generar grietas o romperse cuando se somete a las tensiones, lo que puede requerir refuerzos adicionales, como barras de acero, para contrarrestar este problema.
- ❖ Peso elevado: El concreto es un material denso y pesado. [19]

## COMPONENTES DEL CONCRETO:

### Cemento

El cemento se produce mediante la combinación de componentes como la piedra caliza, la arcilla, la pizarra o la arena, que se someten a un proceso de cocción a altas temperaturas. Este proceso, conocido como clinkerización, transforma los materiales en Clinker, una sustancia que luego se muele para obtener el polvo de cemento.

La propiedad clave del cemento es su capacidad para fraguar y resistir mediante una reacción química llamada hidratación. Cuando se mezcla con agua, los componentes que están presentes en el cemento reaccionan formando compuestos de hidróxido de calcio y con silicatos de calcio hidratados. Esta reacción química genera calor y produce un material sólido y resistente conocido como concreto.

Los tipos de cemento portland están especificados en la norma NTP334.009 ASTM C 150 (AASHTO M 85) [14]

Tipo I: Utilizado frecuentemente y sin características especiales

Tipo II: Calor de hidratación y resistencia a sulfatos moderadas.

Tipo III: Resistencia y calor de hidratación alto inicial

Tipo IV: calor de hidratación bajo

Tipo V: resistencia a los sulfatos alta

### Agua

El agua para concreto es el principal ingrediente en la mezcla, ya que se utiliza para proporcionar la plasticidad necesaria al momento de la colocación y el endurecimiento adecuado del material. En términos generales, el agua para concreto se refiere al agua potable para la preparación de la mezcla. [20]

Sin embargo, es importante destacar que el agua utilizada en el concreto debe cumplir con los requisitos de calidad y estar libre de sustancias que pueden afectar negativamente las propiedades y el rendimiento del concreto. Algunos de los criterios comunes que debe tener el agua para concreto incluyen.

Pureza: El agua limpia y libre de impurezas como arcilla, limo, aceites, grasas u otros materiales que pueden afectar la adherencia y la resistencia del concreto. [17]

Contenido de sustancias químicas: El agua no debe estar alterada por ningún tipo de sustancia química. [17]

## **Agregados**

También se conocen como áridos, que son sustancias inertes que se mezclan con los conglomerantes de cemento, agua y material adicional, creando así los concretos monolíticos. Los agregados tienen un papel crucial, representando alrededor del 75% del volumen de una combinación convencional de concreto. Es fundamental que los materiales adicionales tengan una resistencia óptima ante las condiciones climáticas, durabilidad, fuerza y que su superficie esté limpia de impurezas como arcillas, limo. Estas impurezas pueden dañar la unión con la pasta en la mezcla. [20]

### **Clasificación por su densidad**

- ❖ Agregados ultraligeros: Peso unitario entre 800 a 1100 kg/m<sup>3</sup>
- ❖ Agregados de peso ligero: Peso unitario entre 1200 a 1800 kg/m<sup>3</sup>.
- ❖ Agregados peso normal: Peso unitario se encuentra entre 2300 a 2400 kg/m<sup>3</sup>
- ❖ Agregados de peso pesado: peso unitario mayor a 3200 kg/m<sup>3</sup> pudiendo llegar a 4000kg/m<sup>3</sup>

### **Agregado grueso**

El agregado grueso, tiene un contexto importante en la obra de ingeniería civil, se refiere a un material granular utilizado en la mezcla de concreto y otros productos de construcción. Se componen de partículas sólidas, generalmente rocas trituradas, gravas o piedras, este material se mezclan con cemento y agua para formar una masa cohesiva.

El agregado grueso proporciona resistencia y estabilidad estructural al concreto y otros productos de construcción. También ayuda a reducir la contracción y la expansión del material debido a temperatura y humedad, y contribuye a la durabilidad y longevidad de las estructuras. Las partículas de agregado grueso suelen tener tamaños que van desde 4,75 mm (3/16 pulgadas) hasta 50 mm (2 pulgadas) de diámetro. Estas dimensiones varían según los estándares y las necesidades específicas del proyecto de construcción.

Es importante destacar que el agregado grueso debe cumplir con ciertos parámetros de calidad y especificaciones técnicas establecidas por normas y regulaciones locales o internacionales, para garantizar su idoneidad y desempeño adecuado en la construcción. [20]

### Agregado fino

El agregado fino se refiere a los materiales granulares que se utilizan como sustancia principal en la fabricación de concretos y morteros. También se le conoce como arena o arena fina.

En términos generales, el agregado fino está compuesto por partículas de tamaño pequeño, generalmente menores a 9.5 mm (3/8pug) y queda retenido en tamiz, normalizado (n°200). Estas partículas pueden ser de origen natural, como arena de río o de cantera, o pueden ser de origen artificial, como arena triturada o arena fabricada. [20]

El agregado fino realiza un papel crucial en las propiedades y características en concreto o mortero final. Ayuda a llenar los vacíos entre las partículas más grandes del agregado grueso, mejorando así la trabajabilidad del material y mejorar su resistencia. [20]

Además, su función estructural, del agregado influye en la durabilidad y apariencia estética del concreto o mortero.

La calidad de la arena utilizada, su forma, textura, limpieza y distribución granulométrica pueden afectar la resistencia, la adherencia, la permeabilidad y la apariencia superficial del material final. [20]

*Tabla N° 1: Granulometría del agregado fino*

<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8" (9.5 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (0.60 mm)	25 a 60
N° 50 (0.30 mm)	10 a 30
N° 100 (0.15 mm)	2 a 10

*Fuente: ASTM C33*

### **TECNOPOR:**

El Tecnopor proviene de forma artificial ya que aún no se ha encontrado poliestireno de forma naturalmente extensible, se tiene que usar procesos de sinterización para hacerlo producir La espuma de poliestireno de forma previamente en "ollas" grandes (de 90 °C a 105°C). Gracias a la acción aumenta la cantidad de volumen hasta 50 veces de expandido teniendo

como resultado en perlita de poliestireno. luego se deja reposar para que el aire pueda penetrar en las partículas de material y que se seque formando la estabilización su volumen. Estas son las bolitas que se utiliza como agregado en el concreto para aligerar. [21]

### **característica del Tecnopor**

Porosidad / Compactación: Un centímetro cúbico de poliestireno expandido tiene 3 a 6 millones de pequeñas celdas, cerradas y que no interconectadas, llenas de aire, resultado de su proceso de fabricación.

Dureza / Suavidad: tiene su porosidad y al polímero que está en contorno las celdas, se puede comprimir fácilmente con los manos. Es un material suave y elástico.

Densidad / Peso específico: El volumen ocupado por las celdas de aire (hasta un 97% del total) además tiene una baja densidad y poco peso específico.

Densidad: 10kg/m<sup>3</sup>

Forma: tiene una forma circular e irregular.

Color: Presentan un color blanco.

Suavidad o textura superficial: La superficie de las perlitas es prácticamente lisa, lo cual afecta notablemente la adherencia de la pasta de cemento y agua.

Absorción: Tiene una baja capacidad de absorción.

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO:**

### **Consistencia (Slump)**

El término 'asentamiento de concreto' describe el proceso de evaluar la deformación que experimenta una muestra de concreto fresco bajo una carga específica. Esta evaluación, también conocida como 'ensayo de cono de Abrams', es esencial para determinar la trabajabilidad del concreto. La trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto puede mezclarse, transportarse, colocarse y compactarse sin contratiempos. En resumen, el asentamiento del concreto proporciona una medida crucial de su viabilidad para diversas aplicaciones constructivas. [20]

El ensayo se realiza utilizando un cono de Abrams, que es un cono de metal con dimensiones y formas específicas. El procedimiento generalmente consiste en lo siguiente:

1. El proceso comienza llenando el cono de Abrams con concreto fresco en tres capas uniformes, compactando cada capa con un varillaje específico para garantizar una distribución homogénea.
2. Una vez completado el llenado, el cono se levanta verticalmente, permitiendo que el concreto se expanda y asiente libremente. Tras un breve periodo de reposo, el cono se retira cuidadosamente.
3. Se registre la diferencia de altura entre la posición inicial del cono y la altura máxima alcanzada por el concreto. Esta disparidad en alturas se conoce como asentamiento, o asentamiento, y se utiliza como medida de la trabajabilidad del concreto.

El asentamiento se utiliza para evaluar la consistencia del concreto fresco y proporciona una indicación de su plasticidad y capacidad para fluir y compactarse adecuadamente. Los criterios de ensayo del asentamiento varían según el tipo de estructura y las especificaciones de diseño. Por lo general, se establecen rangos de asentamiento mínimo y máximo que deben cumplirse para garantizar la calidad y la adecuación del concreto para su uso en una aplicación específica. Los criterios de ensayo de asentamiento pueden variar en función de las normas y estándares locales o internacionales aplicables. Por ejemplo, en Estados Unidos, el American Concrete Institute (ACI) proporciona recomendaciones y directrices para el ensayo de asentamiento. [22]

### **Peso unitario**

El peso unitario del concreto, también conocido como densidad del concreto, se le conoce a la masa por unidad de volumen. Es una propiedad de diseño y construcción de estructuras, ya que afecta la carga que el concreto puede soportar y su capacidad de resistir esfuerzos.

En Perú la densidad del concreto depende de varios factores, como la composición de la mezcla de concreto, la cantidad de agua utilizada, el tipo y tamaño de los agregados, y las proporciones de los materiales empleados. Además, puede haber diferencias en el peso unitario según el tipo de concreto utilizado, como concreto normal, ligero o concreto de alta resistencia.

En términos generales, el peso unitario del concreto en Perú suele oscilar entre 2200 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, es decir, entre 2.2 y 2.5 toneladas por metro cúbico. Sin embargo, es importante tener en cuenta los valores que puedan variar en función de los factores mencionados anteriormente.

[20]

Es crucial cumplir con las normativas locales de construcción, como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en Perú. Este garantiza la adecuación del peso unitario del concreto a las características particulares de cada estructura y diseño, asegurando la seguridad y calidad en el proceso constructivo.

### **Coefficiente de poisson**

Se trata de una medida que evalúa la deformación lateral que experimenta un material bajo una carga axial. [22]

La fórmula del coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) se expresa de la siguiente manera:

$$\nu = - \frac{\epsilon_{lateral}}{\epsilon_{axial}}$$

Donde:

$\epsilon_{lateral}$  es la deformación lateral.

$\epsilon_{axial}$  es la deformación axial.

El coeficiente de Poisson generalmente se encuentra en el rango de 0.15 a 0.2 para el concreto, aunque los valores exactos pueden variar dependiendo de la composición específica del concreto y de las propiedades del agregado utilizado.

El parámetro recomendado del coeficiente de Poisson para el concreto depende del contexto de aplicación. En general, un coeficiente de Poisson cercano a 0.2 se considera común para el concreto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el coeficiente de Poisson puede variar según el tipo de concreto, el diseño estructural y las condiciones de carga. Por lo tanto, es esencial consultar las normas y especificaciones aplicables en tu región o país, así como aconsejarse con ingenieros especializados en el diseño de estructuras de concreto para determinar el coeficiente de Poisson más adecuado para tu proyecto específico. [36]

### **Módulo de elasticidad**

El concreto sigue las recomendaciones establecidas en el (ACI 318-14). Según el ACI, el módulo de elasticidad del concreto se calcula utilizando la siguiente fórmula. [21]

Para valores de peso unitario de concreto entre 1440 y 2560 kg/m<sup>3</sup>

$$E_c = W_c^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f'_c} \text{ (mpa)}$$

Concreto de peso normal

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} \text{ (mpa)}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del concreto en MPa (megapascuales).

f<sub>c</sub> = Resistencia a la compresión del concreto. en MPa a 28 días.

$w_c$ =peso unitario de concreto

otros datos

En esta fórmula, se asume una relación lineal entre el módulo de elasticidad y la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del concreto. El valor 4700 es un coeficiente empírico utilizado en el cálculo para el sistema métrico.

Es importante tener en cuenta que esta fórmula se utiliza para calcular el E del concreto convencional en Perú. Para otros tipos de concreto, como el concreto de alta resistencia o concreto de ultra alta resistencia, pueden aplicarse formulaciones o métodos de cálculo específicos.

### **Resistencia a la tracción**

La resistencia a la tracción del concreto, evaluada según el estándar ASTM C 78 mediante un ensayo de flexión en una viga, revela su capacidad de resistir fuerzas de tracción. Este proceso, realizado con vigas de concreto estándar y una prensa hidráulica, permite determinar el módulo de rotura, crucial para evaluar la integridad estructural. Generalmente baja, esta resistencia se descarta en el diseño convencional de estructuras debido a su relación directa con la resistencia a la compresión: una disminución. [22]

### **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión del concreto se evalúa aplicando carga a probetas cilíndricas en una máquina de ensayos de compresión. Este valor se obtiene dividiendo la carga de ruptura entre el área superficial de la probeta y se expresa generalmente en  $\text{kg/cm}^2$ . En la práctica, la resistencia estándar del concreto suele ser alrededor de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . [23]

## **DISEÑO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE**

La NTP E030 nos ofrece los parámetros a seguir para un correcto diseño sismorresistente de edificaciones, así pues, menciona que toda edificación y cada uno de sus elementos debe ser diseñado para soportar las sollicitaciones sísmicas, algunos aspectos a considerar son el tipo de edificación a construir de acuerdo al factor zona, uso, el factor de amplificación sísmica, el factor suelo, el coeficiente de reducción sísmica y el peso de la edificación. [24]

## ANÁLISIS SÍSMICO LINEAL

El análisis sísmico que menciona la E030 se centra en la aplicación de fuerzas en el centro de la masa, para lo cual se deben considerar distintos parámetros sísmicos, los cuales permiten hallar la fuerza cortante basal ( $v$ ), para lo cual se usa la siguiente ecuación. [24]

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

### Factor zona (Z)

Este factor se determina dependiendo la zona donde se pretenda realizar la edificación, el Perú se divide en 4 zonas y mediante la siguiente tabla se determina dicho factor. [24]

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Fuente: NTP E030*

### Factor uso (U)

El factor uso se refiere al tipo de uso que va a tener la vivienda y se obtiene el factor mediante la siguiente tabla. [24]

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(\*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

*Fuente: NTP E030*

### **Factor suelo (U)**

Para obtener el factor suelo previamente se debe definir el factor zona, de acuerdo a ello se hace uso de la siguiente tabla. [24]

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

*Fuente: NTP E030*

### **Coficiente de amplificación sísmica (C)**

Para obtener el correcto valor C debemos tener en cuenta las siguientes condiciones.

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Para lo cual se tendrá en cuenta la siguiente tabla para los valores de  $T_p$  y  $T_L$ , teniendo en cuenta los el tipo de suelo. [24]

Tabla N° 4 PERÍODOS " $T_p$ " Y " $T_L$ "				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: NTP E030

### **Factor de reducción sísmica ( $R_o$ )**

Este factor se determina según el tipo de sistema estructural seleccionado para la construcción.[24]

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_o$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: NTP E030

## ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS

**NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global [25].**

Esta norma facilita la determinación del diámetro de las partículas del agregado, así como el porcentaje de cada tamaño de partícula, lo que a su vez permite calcular el tamaño máximo nominal (TMN) y el módulo de finura.

**NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino [26].**

Esta norma proporciona información crucial sobre el peso por unidad de volumen del agregado fino, así como su capacidad de absorción de agua. Esta información es fundamental para calcular el contenido de agua efectivo necesario al diseñar mezclas de concreto.

**NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso [27].**

Esta norma nos permitirá conocer el peso por unidad de volumen del agregado grueso, también permite conocer la capacidad que tiene el agregado para absorber agua, para así poder obtener un agua efectiva al momento de realizar el diseño de mezcla.

**NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado [28].**

En esta norma podremos evaluar el porcentaje de humedad de la muestra, es decir que tan húmedo está nuestro agregado y así poder saber que tanta humedad le va a quitar a la mezcla.

**NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados [29].**

Esta norma nos permitirá saber el peso del agregado por metro cúbico, esto ayudara al momento de la elaboración de la mezcla ya que es un dato que se necesita conocer.

**ASTM C138 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), volumen producido y contenido de aire del hormigón por el método gravimétrico [30].**

En esta norma podremos conocer el peso que va a tener la mezcla por metro cúbico.

**NTP 339.035 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland [31].**

Este ensayo permite conocer el grado de plasticidad del concreto, pues se emplea el cono de abrams para poder saber el asentamiento y así obtener el óptimo según el diseño de mezclas,

**ASTM C39 Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto [32].**

Este ensayo mediante carga axial a probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30cm de altura permite conocer el  $f_c$  del concreto.

**ASTM C78 Método de ensayo estándar para la resistencia a la flexión del concreto usando viga simple con carga a los dos tercios del claro [33].**

Con este ensayo podremos conocer la resistencia a la flexión del concreto, teniendo como muestra de ensayo una viga simple de concreto.

**ASTM C469 Método de ensayo estándar para determinar el módulo de elasticidad estático y relación de poissón del concreto a compresión [34].**

Con este ensayo se obtendrá el módulo de elasticidad y relación de poissón del concreto cuando está sometido a compresión.

## **Definición de términos básicos**

### **Análisis:**

La RAE menciona que se refiere a discriminar y separar partes para conocer su composición.

### **Concreto:**

El RNE E060 indica que es una piedra artificial compuesta por material aglomerante y agregados.

### **Reemplazo:**

La RAE menciona que se refiere a la sustitución de una cosa por otra.

### **Áridos naturales:**

Son los procedentes de cantera obtenidos solo por procedimientos mecánicos.

**Agregado Fino:**

Es todo árido natural que pasa por el tamiz 9.5mm (3/8")

**Agregado Grueso:**

Es todo árido natural se considera retenido en el tamiz 4.75mm (N°4)

**Cemento:**

El cemento es un material que al entrar en contacto con el agua se crea una pasta aglomerante capaz d endurecer al fraguar.

**Cemento Portland:**

Producto obtenido a base del Clinker portland y con la adición de sulfato de calcio, estos se pulverizan para formar el cemento portland.

**Sismo:**

Evento que se produce por las vibraciones de la superficie terrestre, lo cual se genera por u movimiento brusco.

**Materiales y métodos**

**Tipo de investigación**

La investigación es de tipo experimental dado a la metodología utilizada para demostrar la hipótesis es debido a una manipulación de variables intencional que, al sustituir un componente del concreto por partículas de Tecnopor, debe cumplir el objetivo de desarrollar concretos con la finalidad de reducir el peso sísmico en las estructuras de concreto armado para su implementación en proyectos de construcción. Además, se realizará un modelo de análisis lineal con ambas propuestas de investigación.

## Hipótesis:

### Formulación de la hipótesis:

La incorporación de partículas de Tecnopor en el diseño de mezclas de concreto, obtendrá beneficios de reducción de peso en estructuras de edificaciones en cuanto a su masa sísmica en comparación con el concreto convencional.

### Variables – operacionalización

Tabla N°2: Operacionalización de variables

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INTRUMENTOS	INDICE
TIPO	DESCRIPCIÓN				
INDEPENDIENTE	Tecnopor	Composición	Composición		
		Propiedades físicas	Peso	balanza digital de 1g de sensibilidad	KG
			Peso específico		kg/m <sup>3</sup>
DEPENDIENTE	Diseño de concreto	Cantidad de materiales	cemento	balanza digital de 1g de sensibilidad	bls
			agregado fino	balanza digital de 1g de sensibilidad	volumen
			agregado grueso	balanza digital de 1g de sensibilidad	volumen
			agua	probeta graduada de 100 ml	litros
	Propiedades del concreto	Ensayo del concreto en estado fresco	asentamiento	asentamiento del concreto según ASTM C143-NTP 339.035	pulgadas
			peso unitario	peso unitario del concreto NTP 339.046 o ASTM C138	kg/m <sup>3</sup>
		Ensayo del concreto en estado fresco	resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034 O ASTM C39	kg/m <sup>2</sup>
			resistencia a la flexión módulo de elasticidad, poisson	Ensayo a la flexión NTP 339.079 Otazzi pasino gianfranco	kg/cm <sup>2</sup>
	Diseño	Modelamiento (Etabs)	Edificio tipo C		
	Interviniente	Materiales	Características	Tipo de cemento	NTP 334.090
Granulometría de los agregados				Análisis granulométrico de los agregados según la NTP 400.012	%
Modulo de fineza de los agregados				Análisis granulométrico de los agregados según la NTP 400.012	--
Peso unitario suelto y varillado de los agregados				Peso unitario y vacíos de los agregados según la NTP 400.017	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad				Análisis de contenido de humedad de los agregados según NTP 339.185	%
Capacidad de absorción				Peso específico y absorción de los agregados según NTP 400.021, NTP 400.022	%

Fuente: Propia

## Población y muestra de estudio

### Población:

La población en la presente investigación estará conformada por el concreto elaborado en laboratorio que será objeto de estudio en estado fresco y estado endurecido.

### Muestra:

Se extenderá la cantidad de muestras en una sola etapa utilizando las variables establecidas en las tablas 3,4,5,6 y 7. Se generarán muestras de patrón concreto y se reemplazará el 5%, 10% y 15% del agregado por Tecnopor. Para cada diseño de concreto, se medirá la resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días con el objetivo de encontrar el porcentaje óptimo de reemplazo para reducir el peso del concreto. La resistencia del diseño,  $F'_c$ , se realiza utilizando concreto con una fuerza de 210 kg/cm<sup>2</sup>, buscando un resultado de concreto de baja densidad sin comprometer la resistencia, siguiendo las pautas establecidas en la norma E-060 y NTP. A continuación, se detallan la cantidad total de muestras tanto para el concreto como estándar para el concreto con reemplazo

*Tabla N°3: Cantidad de muestra para SLUMP*

<b>ASENTAMIENTO (SLUMP) NTP 339.035</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>F'c= 210 kg/cm2</b>
Concreto patrón		1
Evaluación del concreto estructural reemplazando el agregado grueso por tecnopor	5%	1
	10%	1
	15%	1
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>

*Fuente: NTP 339.035*

*Tabla N°4: Cantidad de probetas para peso unitario*

<b>PESO UNITARIO ASTM C 138</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>F' c= 210 kg/cm2</b>
Concreto patrón		1
Evaluación del concreto estructural reemplazando el agregado grueso por tecnopor	5%	1
	10%	1
	15%	1
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>

*Fuente: ASTM C138*

*Tabla N°5: Cantidad de probetas para resistencia a la compresion*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>F' c= 210 kg/cm2</b>			
		<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>21 días</b>	<b>28 días</b>
Concreto patrón		3	3	3	3
Evaluación del concreto estructural reemplazando el agregado grueso por tecnopor	5%	3	3	3	3
	10%	3	3	3	3
	15%	3	3	3	3
<b>SUBTOTAL</b>		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>TOTAL</b>		<b>48</b>			

*Fuente: ASTM C39*

*Tabla N°6: Cantidad de probetas para resistencia a la flevión*

<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>F' c= 210 kg/cm2</b>
Concreto patrón		3
Evaluación del concreto estructural reemplazando el agregado grueso por tecnopor	5%	3
	10%	3
	15%	3
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>

*Fuente: NTP 339.078*

*Tabla N°7: Cantidad de probetas para modulo de elasticidad y poisson*

<b>MODULO DE ELASTICIDAD , POISSON</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>F' c= 210 kg/cm2</b>
Concreto patrón		2
Evaluación del concreto estructural reemplazando el agregado grueso por tecnopor	5%	2
	10%	2
	15%	2
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>

*Fuente: Gianfranco Otazzi Pasino*

### Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación implica recopilar información confiable de fuentes bibliográficas existentes, lo cual es fundamental para llevar a cabo correctamente el trabajo investigativo.

Los experimentos consisten en manipular las variables obtenidas, con el fin de verificar mediante diversos ensayos y analizar los resultados obtenidos a través del desarrollo de los experimentos.

*Tabla N°8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis de documentos	RNE, artículos de investigación, tesis y libros
observación	Lista de cotejos de recolección de fotos
Recopilación de información	Ficha de apuntes Laboratorio de materiales de construcción Lista de comprobación (check list)
Procesamiento de la información	Software Microsoft Word y Excel

*Fuente: Elaboración propia*

## Matriz de consistencia

Tabla N°9: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	MTODOLOGIA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿De qué manera mejora el concreto al reemplazar porcentualmente el agregado grueso por partículas de Tecnopor?	<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaborar concreto liviano <math>f_c=21</math> mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor</li> </ul> <p><b>Objetivo específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caracterizar el Tecnopor como reemplazo del agregado grueso.</li> <li>✓ Realizar el diseño del concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una <math>F'c=210</math>kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>✓ Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco mediante los ensayos peso unitario, asentamiento para el concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una <math>F'c=210</math>kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>✓ Evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido mediante los ensayos resistencia a compresión, módulo de elasticidad, poissón y flexión para el concreto patrón y con sustitución del 5%, 10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor para una <math>F'c=210</math>kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>✓ Realizar el análisis estructural lineal para ambas propuestas utilizando una edificación de categoría C según la norma E030.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La incorporación de partículas de Tecnopor en el diseño de mezclas de concreto, obtendrá beneficios de reducción de peso en estructuras de edificaciones en cuanto a su masa sísmica en comparación con el concreto convencional.</li> </ul>	<p><b>V. INDEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnopor</li> </ul> <p><b>V. DEPENDIENTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del concreto</li> <li>• Propiedades del concreto</li> <li>• Diseño del concreto</li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p><u>Experimental</u></p> <p>Debido a que se van a manipular las variables de investigación</p> <p><u>Descriptiva</u></p> <p>Debido a que se describen los fenómenos tal cual se muestran de manera natural</p> <p><b>Transversal</b></p> <p>Debido a que se van a recolectar datos con el fin de analizar y describir las variables en un determinado tiempo</p> <p><b>TÉCNICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de documentos</li> <li>- Observación</li> <li>- Recopilación de la información</li> <li>- Procesamiento de la información</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normas, artículos de investigación, libros y tesis</li> <li>- Lista de cotejos de recolección de datos</li> <li>- Fichas de apuntes</li> <li>- Laboratorio de materiales de construcción</li> <li>- Lista de comprobación (check list)</li> <li>- Software microsft word y excel</li> </ul>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>La población en la presente investigación estará conformada por el concreto elaborado en laboratorio que será objeto de estudio en estado fresco y estado endurecido.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>Se extenderá la cantidad de muestras en una sola etapa utilizando las variables establecidas en las tablas 3,4,5,6 y 7. Se generarán muestras de patrón concreto y se reemplazará el 5%, 10% y 15% del agregado por Tecnopor. Para cada diseño de concreto, se medirá la resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días con el objetivo de encontrar el porcentaje óptimo de reemplazo para reducir el peso del concreto. La resistencia del diseño, <math>F'c</math>, se realiza utilizando concreto con una fuerza de 210 kg/cm<sup>2</sup>, buscando un resultado de concreto de baja densidad sin comprometer la resistencia, siguiendo las pautas establecidas en la norma E-060 y NTP. A continuación, se detallan la cantidad total de muestras tanto para el concreto como estándar para el concreto con reemplazo</p>

Fuente: Elaboración propia

## **Procedimiento**

### **Características de los materiales del concreto:**

#### **Agregados:**

Las propiedades de los agregados pueden variar de acuerdo con la zona de la cual fue extraída, por eso que es necesario realizar un análisis con distintos ensayos que la normativa exige.

Para esta investigación se utilizará el agregado procedente de la cantera La victoria-Pátapo.

#### **Granulometría del agregado fino:**

Para realizar el análisis granulométrico se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 400.012.

#### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

AGREGADO FINO: Se refiere a la cantidad de arena gruesa para el ensayo luego del secado en esta investigación será de 500 g.

BALANZA: Para el ensayo se empleará una balanza cuya aproximación es de 0.1 g de exactitud.

TAMICES: Los tamices para el ensayo será de acuerdo con lo estipulado en la NTP 350.001. N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo.

HORNO: El horno deberá ser capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **Procedimiento:**

Secar la muestra en el horno.

Limpiar y ordenar los tamices en el orden ya indicado.

Colocar el agregado en los tamices, tapar la parte superior y proceder al tamizado.

Pesar lo retenido en cada tamiz.

### **Calculo:**

#### **Porcentaje retenido:**

$$\% WR = \frac{Wr}{\sum Wr} * 100$$

Donde:

$\%WR$  = Cantidad de retenido en peso.

$Wr$  = Peso retenido en gramos

#### **Porcentaje retenido acumulado:**

$$\% WRA = (\%WR)_i + (\%WRA)_{i-1}$$

Donde:

$\%WRA$  = Porcentaje de peso retenido acumulado.

$\%WR$  = Porcentaje de peso retenido.

#### **Porcentaje que pasa:**

$$\% Wp = 100 - \%WRA$$

Donde:

$\%Wp$  = Porcentaje de peso que pasa.

$\%WRA$  = Porcentaje de peso retenido acumulado.

### **Granulometría del agregado grueso:**

Para realizar el análisis granulométrico se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 400.012.

**Materiales, Equipos y Herramientas:**

AGREGADO GRUESO: Se refiere a la cantidad de arena gruesa para el ensayo luego del secado en esta investigación será de 1991.83 g.

BALANZA: Para el ensayo se empleará una balanza cuya aproximación es de 0.1 g de exactitud

TAMICES: Los tamices para el ensayo será de acuerdo con lo estipulado en la NTP 350.001. serán la ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4.

HORNO: El horno estará a una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Procedimiento:**

Secar la muestra en el horno.

*Figura N°1: Agregado grueso en el horno*



*FUENTE: Propia*

Limpiar y ordenar los tamices en el orden ya indicado.

*Figura N°2: Tamices para granulometría de agregado grueso*



*FUENTE: Propia*

Colocar el agregado en los tamices, tapar la parte superior y proceder al tamizado.

Pesar lo retenido en cada tamiz.

### **Calculo:**

#### **Porcentaje retenido:**

$$\% WR = \frac{Wr}{\sum Wr} * 100$$

Donde:

$\%WR$  = Cantidad de retenido en peso.

$Wr$  = Peso retenido en gramos

#### **Porcentaje retenido acumulado:**

$$\% WRA = (\%WR)_i + (\%WRA)_{i-1}$$

Donde:

$\%WRA$  = Porcentaje de peso retenido acumulado.

$\%WR$  = Porcentaje de peso retenido.

**Porcentaje que pasa:**

$$\% Wp = 100 - \%WRA$$

Donde:

$\%Wp$  = Porcentaje de peso que pasa.

$\%WRA$  = Porcentaje de peso retenido acumulado.

**Contenido de humedad de los agregados :**

Para realizar el análisis del contenido de humedad del agregado fino se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 339.185.

**Materiales, Equipos y Herramientas:**

AGREGADO FINO: La cantidad de arena gruesa para el ensayo se tomará de acuerdo con el TMN como lo indica en la siguiente tabla.

*Tabla N°10: Cantidad de masa para contenido de humedad  
según el TMN*

<i>Tamaño máximo nominal de agregado mm(pulg)</i>	<i>Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg</i>
4.75 (0.187) (N°4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3 1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150.0 (6)	50.0

*Fuente: NTP 339.185*

BALANZA: Para el ensayo se empleará una balanza cuya aproximación es de 0.1 g de exactitud

RECIPIENTE PARA LA MUESTRA: Un envase para colocar la muestra al horno.

HORNO: El horno deberá ser capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Procedimiento:**

Obtener el peso de la muestra seleccionada según el TMN.

*Figura N°3: peso de la muestra de agregados para contenido de humedad*



*FUENTE: Propia*

Secar la muestra en el horno.

*Figura N°4: Agregado húmedo puesto al horno*



*FUENTE: Propia*

Al transcurso de 24 horas pesar la muestra con una precisión de 0.1%.

*Figura N°5: Balanza y recipiente para contenido de humedad*



*FUENTE: Propia*

**Calculo:**

**Porcentaje retenido:**

$$\% H = \frac{W - D}{D} * 100$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad.

W = Peso de la muestra húmeda en gramos

D = Peso de la muestra seca en gramos

**Peso específico y absorción del agregado fino:**

Para realizar el análisis de peso específico y absorción del agregado fino se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 400.022.

**Materiales, Equipos y Herramientas:**

AGREGADO FINO: El agregado para el ensayo será de 500 g.

*Figura N°6: Peso del agregado fino para ensayo de peso específico*



*FUENTE: Propia*

**BALANZA:** Para el ensayo se empleará una balanza cuya aproximación es de 0.1 g y exactitud de 0,1 g o 0,1 % de la masa de la muestra.

**PICNOMETRO:** Puede ser un matraz con una capacidad de 500 cm<sup>3</sup>.

*Figura N°7: Picnómetro para ensayo de peso específico del agregado fino*



*FUENTE: Propia*

**FRASCO:** Para determinar el volumen de agua.

**MOLDE CONICO:** Un molde de forma troncocónica para determinar la humedad superficial de la muestra.

**APISONADOR CIRCULAR:** La masa de la varilla del compresor de metal debe ser de 340 g  $\pm$  15 g y una superficie de presión circular plana con un diámetro de 25 mm  $\pm$  3 mm.

HORNO: En una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Procedimiento:**

Evaluar la humedad superficial de la muestra colocando el molde cónico firmemente sobre una superficie seca y limpia y agriéndole agregado fino hasta el tope y adicionar un excesivo en la parte superior, luego apisonar dejando caer la barra 25 veces. Si la muestra esta húmeda superficialmente, esta se quedará con la forma del molde al retirarlo, si al retirar el molde el agregado sufre una ligera caída, se puede decir que ha llegado a su estado de saturado superficialmente seco.

Colocar agua parcialmente en el picnómetro e introducir 500 gr de agregado fino en condición saturado superficialmente seco y adicionar agua hasta el 90% de su capacidad.

*Figura N°8: Picnómetro con agregado fino*



*FUENTE: Propia*

Agitar el picnómetro, de manera que se eliminen las burbujas de aire.

*Figura N°9: Retiro del aire de la muestra*



*FUENTE: Propia*

Al eliminar todas las burbujas de aire, pesar el picnómetro con el agua y la muestra.

Luego Retirar el agregado fino que estas en picnómetro y secar en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,

*Figura N°10: Peso de la muestra de agregado fino retirada del picnómetro*



*FUENTE: Propia*

Obtener el peso de la muestra una vez ya esté seca completamente.

*Figura N°11: Peso de la muestra seca de agregado fino retirada del picnómetro*



*FUENTE: Propia*

**Calculo:**

**Peso específico del agregado:**

$$P_{esp} = \frac{D}{V - V_a}$$

Donde:

$P_{esp}$  = Peso específico de la arena

D = Peso de la muestra seca en gramos

V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

V<sub>a</sub> = Volumen del agua en cm<sup>3</sup>

**Peso específico del agregado saturado superficialmente seco:**

$$P_{sss} = \frac{WS}{V - V_a}$$

Donde:

$P_{sss}$  = Peso específico de la arena saturada superficialmente seca.

WS = Peso de la muestra saturada con superficie seca en gramos

V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

V<sub>a</sub> = Volumen del agua en cm<sup>3</sup>

**Peso específico aparente del agregado:**

$$P_{ap} = \frac{D}{(V - V_a) - (V - D)}$$

Donde:

$P_{ap}$  = Peso específico de la arena saturada superficialmente seca.

D = Peso de la muestra seca en gramos

V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

V<sub>a</sub> = Volumen del agua en cm<sup>3</sup>

**Porcentaje de Absorción:**

$$\% A = \frac{WS - D}{D} * 100$$

Donde:

% A = Porcentaje de absorción.

WS = Peso de la muestra saturada con superficie seca en gramos

D = Peso de la muestra seca en gramos

**Peso específico y absorción del agregado grueso:**

Para realizar el análisis de peso específico y absorción del agregado fino se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 400.021.

**Materiales, Equipos y Herramientas:**

BALANZA: Para el ensayo se empleará una balanza cuya aproximación es de 0.1 g de exactitud.

CANASTILLA: Pude ser de malla N°6 con capacidad de 4 a 7 litros.

*Figura N°12: Canastilla para ensayo de peso específico del agregado fino*



*FUENTE: Propia*

**TANQUE DE AGUA:** Un recipiente hermético con suficiente capacidad para sumergir la canastilla.

**TAMICES:** Un tamiz N° 4 o según sea necesario.

**HORNO:** El horno deberá ser capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### **Procedimiento:**

Mezclar bien la muestra y no considerar todo material que pasa del tamiz N°4, luego lavar la muestra para eliminar el polvo u otros agentes extraños.

*Figura N°13: Lavado del agregado grueso para ensayo de peso específico*



*FUENTE: Propia*

En horno Secar la muestra en una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Sumergir el agregado en agua por un tiempo de 24 horas, agitándolo constantemente para eliminar el contenido de aire.

Luego se procede a retirar del agua y se seca la superficie, para posteriormente pesar la muestra.

Tras medir la masa en aire de muestra superficialmente saturada seca se coloca de inmediato en el recipiente y se determina su masa aparente en agua a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ .

Después de esto, la muestra de ensayo se coloca en un horno a una temperatura precisa de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que su masa se estabilice, indicando que la humedad ha sido completamente eliminada. Una vez completado este proceso, la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente durante un tiempo de 1 a 3 horas, o hasta que alcance una temperatura manipulable, generalmente alrededor de  $50^{\circ}\text{C}$ . Solo entonces se procederá a determinar su masa final.

*Figura N°14: Peso de agregado grueso seco*



*FUENTE: Propia*

**Calculo:**

**Peso específico del agregado:**

$$P_{esp} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

$P_{esp}$  = Peso específico de la piedra

A = Peso de la muestra seca en gramos

B = masa de la muestra de ensayo con superficie seca en gramos

C = masa aparente de la muestra saturada en agua. (g)

**Peso específico del agregado saturado superficialmente seco:**

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

Donde:

$P_{sss}$  = Peso específico de la arena saturada superficialmente seca.

A = Peso de la muestra seca en gramos

B = masa de la muestra de ensayo con superficie seca en gramos

C = masa aparente de la muestra saturada en agua. (g)

**Peso específico aparente del agregado:**

$$P_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

Donde:

$P_{ap}$  = Peso específico de la arena saturada superficialmente seca.

A = Peso de la muestra seca en gramos

B = masa de la muestra de ensayo con superficie seca en gramos

C = masa aparente de la muestra saturada en agua. (g)

**Porcentaje de Absorción:**

$$\% Abs = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

% Abs = Porcentaje de absorción.

A = Peso de la muestra seca en gramos

B = masa de la muestra de ensayo con superficie seca en gramos

C = masa aparente de la muestra saturada en agua. (g)

### **Peso unitario de los agregados:**

Para realizar el análisis de peso unitario de los agregados se debe tener en cuenta lo descrito por la NTP 400.017.

### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

VARILLA DE APISONADO: Varilla de acero lisa, de diámetro de 16mm y con una longitud de 60 cm, con los extremos redondeados.

RECIPIENTE CILINDRICO: Recipiente con asas, bordes firmes y hermético.

CUCHARON: Cucharon para llenar el agregado en el recipiente.

BALANZA: Para el ensayo la balanza deberá tener una exactitud de 0,1 g y una graduación al menos de 0.05 kg.

### **Procedimiento:**

#### **PESO UNITARIO COMPACTADO**

Colocar agregado fino en el recipiente cilíndrico hasta un tercio del total, luego apisonar con la varilla 25 veces.

*Figura N°15: Apisonado de agregado*



*FUENTE: Propia*

Llenar hasta los dos tercios y proceder al apisonado 25 veces.

Llenar el recipiente hasta su totalidad con un excesivo para luego apisonar y enrazar.

*Figura N°16: Enrasado del agregado*



*FUENTE: Propia*

Pesar el recipiente con el agregado.

*Figura N°17: Peso unitario compactado de los agregados*



*FUENTE: Propia*

### PESO UNITARIO SUELTO

Colocar agregado fino en el recipiente cilíndrico hasta su totalidad.

*Figura N°18: Llenado de moldes con agregados*



*FUENTE: Propia*

Enrazar con la barra de acero.

Pesar el recipiente con el agregado.

*Figura N°19: Peso unitario suelto de los agregados*



*FUENTE: Propia*

### Calculo:

**Peso unitario compactado y suelto:**

$$PU = \frac{G - J}{V}$$

Donde:

$PU$  = Peso unitario de la arena en  $kg/m^3$

$G$  = Peso del molde con agregado en  $kg$

$J$  = Peso del molde en  $kg$

$V$  = Volumen del molde en  $m^3$

### **Cemento**

En este caso se empleará cemento portland tipo 1 cuya ficha técnica se muestra en el Anexo N°1, el cual según la NTP 334.009 es para uso general cuando no se requieran propiedades especiales.

### **Caracterización del tecnopor:**

Para la caracterización del Tecnopor se evaluarán las características tales como la forma, color, tamaño y peso.

*Figura N°20: Medida del diámetro del Tecnopor*



*FUENTE: Propia*

*Figura N°21: Color del Tecnopor*



*FUENTE: Propia*

*Figura N°22: forma del Tecnopor*



*FUENTE: Propia*

**Descripción y procedimiento de ensayos del concreto en estado fresco**

**Diseño de mezclas según el ACI**

Para elaborar el diseño de mezclas se siguió lo estipulado en la norma ACI, para lo cual utilizaremos los datos obtenidos de los agregados y se ejecutara el diseño para el concreto patrón con  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

Así también se realizará el mismo diseño reemplazando porcentualmente el agregado grueso en volumen en un 5 %, 10% y 15%, para posteriormente realizar los ensayos mencionados en esta investigación.

### **Peso unitario**

Para realizar el análisis de peso unitario del concreto se debe tener en cuenta lo descrito por la ASTM C.138.

### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

VARILLA DE APISONADO: Varilla de acero lisa, de diámetro de 16mm y con una longitud de 60 cm, con los extremos redondeados.

RECIPIENTE CILINDRICO: Recipiente con asas, bordes firmes y hermético.

PLACA PARA ENRRAZAR: Placa con borde recto.

BALANZA: Para el ensayo la balanza deberá tener una exactitud de 0,1 g y una graduación al menos de 0.05 kg.

### **Procedimiento:**

Preparar el concreto con las dosificaciones indicadas.

Colocar el concreto en el recipiente cilíndrico hasta un tercio del total, luego apisonar con la varilla 25 veces.

Llenar hasta los dos tercios y proceder al apisonado 25 veces.

Llenar el recipiente hasta su totalidad con un excesivo para luego apisonar y enrazar.

Pesar el recipiente con el concreto.

*Figura N°23: Peso unitario del concreto fresco*



*FUENTE: Propia*

### **Calculo:**

**Peso unitario del concreto:**

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

Donde:

$D$  = Peso unitario de la arena en kg/m<sup>3</sup>

$Mc$  = Peso del molde con concreto en kg

$Mm$  = Peso del molde en kg

$Vm$  = Volumen del molde en m<sup>3</sup>

**Asentamiento (SLUMP)**

Para hallar el asentamiento del concreto de diseño, se cumplirá y seguirá con lo estipulado en la NTP 339.035, la cual nos permitirá obtener el SLUMP de diseño para un concreto con cemento portland.

### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

**MOLDE:** El molde a emplear deberá ser un molde tronco- cónico, cuyo diámetro superior no supere las 4 pulgadas y su diámetro inferior no supere las 8 pulgadas. Además, debe ser de un material que no afecte ni se vea afectado por el concreto. Este molde deberá tener 2 agarraderas figas para que no se altere o mueva la muestra mientras se realiza el vaciado.

**VARILLA DE APISONADO:** Varilla de acero lisa, de diámetro de 16mm y con una longitud de 60 cm, con los extremos redondeados.

**DISPOSITIVO DE MEDIDA:** En este caso se hará uso de una wincha de 8 metros de capacidad, la cual esta graduada también en pulgadas, que nos ayudará a medir el asentamiento.

**CUCHARON:** Cucharon para llenar el agregado en el recipiente.

### **Procedimiento:**

Para este ensayo se prepara la mezcla de concreto, la cual ha sido objeto de un estudio previo.

Luego se procede a llenar el molde de concreto hasta las  $\frac{3}{4}$  partes de este, y con ayuda de la barra metálica se procederá a dar 25 golpes de manera uniforme, luego se llena el siguiente tercio, con su respectivo apisonamiento y finalmente el tercio final y sus 25 golpes con la barra.

Finalmente, con mucho cuidado se levanta el molde y se procede a tomar la medida del asentamiento.

*Figura N°24: Toma de lectura de SLUMP*



*FUENTE: Propia*

### **Descripción y procedimiento de ensayos del concreto en estado endurecido**

#### **Resistencia a la compresión**

Para realizar el análisis de resistencia a la compresión del concreto se debe tener en cuenta lo descrito por la Sociedad Americana para pruebas y materiales en la ASTM C.39.

#### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

**CEMENTO:** Se emplearán cemento Pacasmayo tipo I.

**AGREGADOS:** Procedente de la cantera Pátapo- La victoria.

**TECNOPOR:** Debidamente caracterizado con diámetro aproximado de 8 mm.

**AGUA:** Agua potable.

BALANZA: Para el ensayo la balanza deberá tener una exactitud de 0,1 g y una graduación al menos de 0.05 kg.

MEZCLADORA: De 11 HP

PROBETA: Graduada a 500 ml

MOLDES: Con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.

ACEITE: Para colocar en el interior de los moldes, antes de vaciar el concreto.

ESPATULA

VERNIER: con una escala de 20 o 30 cm.

VARILLA DE APISONADO: Varilla de acero lisa, de diámetro de 16mm y con una longitud de 60 cm, con los extremos redondeados.

MARTILLO DE GOMA: Herramienta para golpear las probetas conforme se realiza el vaciado.

PRENSA HIDRAULICA: Con capacidad de aplicar una carga continua.

### **Procedimiento:**

Pesar los materiales en la dosificación adecuada.

Colocar los materiales en la mezcladora y colocar agua.

Conseguir un Slump de 3 a 4 pulgadas.

Colocar una capa de concreto de aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del molde y proceder a apisonar 25 veces con la varilla metálica y dar 15 golpes de manera uniforme alrededor del molde. Así hasta completar los  $\frac{2}{3}$  restantes.

Luego de 24 horas, desmoldar y curar colocando los especímenes en agua.

*Figura N°25: Curado de probetas de concreto*



*FUENTE: Propia*

Mantener en agua hasta el momento de su ensayo en la prensa hidráulica.

*Figura N°26: Probetas de concreto en agua hasta el día de su ensayo*



*FUENTE: Propia*

Tomar medida de los especímenes previo a su ensayo en la prensa hidráulica.

*Figura N°27: Toma de medidas de testigos cilíndricos de concreto*



*FUENTE: Propia*

Para su ensayo, centrar los especímenes en la prensa hidráulica y tomar lectura de la carga de falla.

*Figura N°28: Probetas de concreto en prensa hidráulica*



*FUENTE: Propia*

### **Calculo:**

#### **Resistencia a la compresión:**

$$f'm = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'm$  = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>.

P = Carga total máxima en kg.

A = Área de la superficie cargada en cm<sup>2</sup>

#### **Resistencia a la flexión**

Para realizar el análisis de resistencia a la compresión del concreto se debe tener en cuenta lo descrito por la Sociedad Americana para pruebas y materiales en la ASTM C.78.

### **Materiales, Equipos y Herramientas:**

CEMENTO: Se emplearán cemento Pacasmayo tipo I.

AGREGADOS: Procedente de la cantera Pátapo- La victoria.

TECNOPOR: Debidamente caracterizado con diámetro aproximado de 8 mm.

AGUA: Agua potable.

BALANZA: Para el ensayo la balanza deberá tener una exactitud de 0,1 g y una graduación al menos de 0.05 kg.

MEZCLADORA: De 11 HP

PROBETA: Graduada a 500 ml

MOLDES: Con dimensiones de 15 cm de ancho y 15 cm de altura y 50 cm de longitud.

ACEITE: Para colocar en el interior de los moldes, antes de vaciar el concreto.

VARILLA DE APISONADO: Varilla de acero lisa, de diámetro de 16mm y con una longitud de 60 cm, con los extremos redondeados.

MARTILLO DE GOMA: Herramienta para golpear las probetas conforme se realiza el vaciado.

PRENSA HIDRAULICA: Con capacidad de aplicar una carga continua.

### **Procedimiento:**

Pesar los materiales en la dosificación adecuada.

Colocar los materiales en la mezcladora y colocar agua.

Conseguir un Slump de 3 a 4 pulgadas.

Colocar una capa de concreto de aproximadamente  $1/2$  del molde y proceder a apisonar 60 veces con la varilla metálica en 5 filas de la viga y dar 15 golpes de manera uniforme alrededor del molde. Así hasta completar la otra mitad.

Luego de 24 horas, desmoldar y curar colocando los especímenes en agua.

*Figura N°29: Vigas de concreto*



*FUENTE: Propia*

Mantener en agua hasta el momento de su ensayo en la prensa hidráulica.

*Figura N°30: Vigas de concreto en agua hasta el día de su ensayo*



*FUENTE: Propia*

Para su ensayo, centrar los especímenes en la prensa hidráulica y tomar lectura de la carga de falla.

*Figura N°31: Vigas de concreto en prensa hidráulica*



*FUENTE: Propia*

**Calculo:**

**Relación de carga:**

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

Donde:

r = Relación de carga, en N/min.

S = tasa de incremento de la tensión máxima en la carga de tracción, en Mpa/min.

b = Ancho promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

d = Altura promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

L = Longitud del tramo en mm

**Módulo de rotura (si la carga ocurre dentro del tercio medio de la luz):**

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

$M_r$  = Modulo de rotura en Mpa.

P = Carga total máxima en N.

L = Luz libre entre apoyos, mm.

b = Ancho promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

h = Altura promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

**Módulo de rotura (si la carga ocurre fuera del tercio medio de la luz):**

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

$M_r$  = Modulo de rotura en Mpa.

P = Carga total máxima en N.

L = Luz libre entre apoyos, mm.

b = Ancho promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

h = Altura promedio de la viga según disposición para el ensayo, mm

a = Es la distancia promedio entre el apoyo más cercano y la línea de falla, en mm.

### **Módulo de elasticidad y relación de poissón**

Para realizar el análisis de módulo de elasticidad y relación de poissón del concreto se debe tener en cuenta lo descrito por la Sociedad Americana para pruebas y materiales en la ASTM C.469.

**Equipos y Herramientas:**

COMPRESOMETRO: Para poder hallar el módulo de elasticidad se usará un dispositivo sensor que mida con una aproximación de 5 millonésimas.

PRENSA HIDRAULICA: Con capacidad de aplicar una carga continua.

EXTENSOMETRO: Se empleará para medir la relación de poisson y tendrá una posición de 0.635  $\mu\text{m}$ .

BALANZA: con una precisión de 0.1 lb.

PROBETAS DE ENSAYO: Testigos cilíndricos de concreto realizados según lo estipulado para ensayo a resistencia a compresión.

**Procedimiento:**

Se deberá mantener los testigos húmedos durante el ensayo,

. Colocar los equipos de medida al espécimen.

Colocar el espécimen a la máquina de ensayo y aplicar carga 2 veces, y no considerar los datos obtenidos en la primera carga,

Tomar lecturas y graficar inmediatamente.

**Cálculos:**

**Módulo de elasticidad:**

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

Donde:

$E$  = Modulo de elasticidad en PSI.

$S_2$  = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima.

$S_1$  = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal  $\varepsilon_1$  de 50 millonésimas.

$S_2$  = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$

**Módulo de elasticidad:**

$$\mu = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0.000050}$$

Donde:

$\mu$  = Relación de poissón.

$\varepsilon_{t2}$  = Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producido por  $S_2$ .

$\varepsilon_{t1}$  = Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producido por esfuerzo  $S_1$ .

## **Analisis lineal de una estructura**

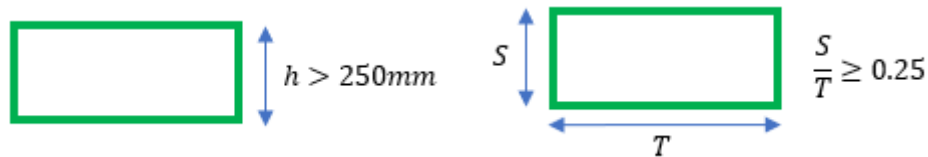
### **Predimensionamiento de los elementos**

Para el predimensionamiento se contará con la norma E060 y ACI-318.

#### **Columnas:**

Según la norma E060 en el capítulo 21 indica que las columnas deben tener como dimensión mínima de cualquiera de sus lados 250 mm, además la relación entre la dimensión menor y la dimensión mayor no deberá ser menor que 0.25.

*Figura N°32: Predimensionamiento de columnas según la E060*



FUENTE: E060

Según el ACI-318 el área de la columna se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Área de Columna} = \frac{PS}{\text{factor} * f'c}$$

La resistencia del concreto para columnas será de 210 kg/cm<sup>2</sup> y la carga de servicio (PS) se calcula de la siguiente manera,

$$Ps = Pu * At * n$$

Donde (At) es el área tributaria, (n) es el número de pisos y Pu es el peso unitario, el cual se divide en edificaciones comunes 1000 tn/m<sup>2</sup> y edificaciones esenciales 1500 tn/m<sup>2</sup>.

El factor dependerá de la ubicación de la columna, ya sea centrada (0.45), excéntrica (0.35) y esquinada (0.45).

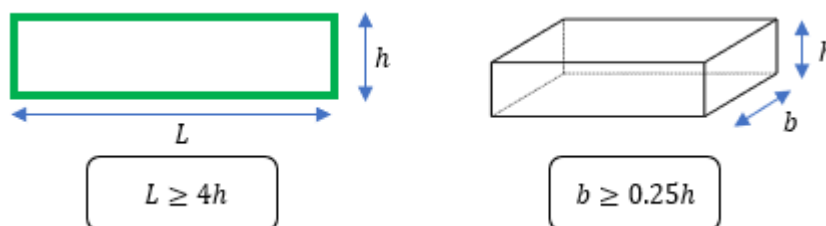
Según el Libro “Estructuración y Diseño de edificaciones de Concreto Armado” [35], el área de la columna se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Area de Columna} = \frac{P(\text{Servicio})}{80}$$

### Vigas:

Según la norma E060 en el artículo 21, el diseño de vigas debe cumplir con los siguientes requisitos, la luz libre del elemento no debe ser menor a 4 veces su peralte, además el ancho de la viga no debe ser menor que 0.25 veces su peralte, ni de 25 cm.

Figura N°33: Predimensionamiento de vigas según la E060



FUENTE: E060

Según el Libro “Estructuración y Diseño de edificaciones de Concreto Armado” [35], en el predimensionamiento de vigas, los valores del peralte y ancho se determinan:

$$b = \frac{h}{2} \quad \Delta \quad h = \frac{L}{12} \quad (\text{Para edificaciones comunes})$$

### Losas:

Para el predimensionamiento de la losa aligerada se basó en lo descrito por la E060.

Tabla N°11: Peraltes para losas

**TABLA 9.1**  
**PERALTES O ESPESORES MÍNIMOS DE VIGAS NO PREESFORZADAS O LOSAS REFORZADAS EN UNA DIRECCIÓN A MENOS QUE SE CALCULEN LAS DEFLEXIONES**

	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Notas:

Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal (alrededor de  $2300 \text{ Kg/m}^3$ ) y refuerzo con  $f_y$  igual a 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:

- Para concreto liviano estructural con densidad dentro del rango de 1450 a 1900  $\text{Kg/m}^3$ , los valores de la tabla deben multiplicarse por  $(1,65 - 0,0003 w_c)$ , pero no menos de 1,09
- Para  $f_y$  distinto de 420 MPa, los valores de la Tabla deben multiplicarse por  $(0,4 + f_y / 700)$ .

FUENTE: E020

### Cargas asignadas

Para el análisis de la estructura se realizará un metrado de cargas siguiendo lo descrito en la norma peruana E020, para lo cual se considerarán datos de carga viva, carga muerta y sobrecargas, en las siguientes tablas se muestran los datos a tomar en cuenta para el diseño:

*Tabla N°12: Carga viva para viviendas*

DESCRIPCIÓN	CARGA (Kgf/m <sup>2</sup> )
Carga viva uso vivienda	200
carga viva en techos	100

*FUENTE: E020*

*Tabla N°13: Peso unitario de elementos estructurales*

DESCRIPCIÓN	PESO
Unidades de albañilería cocida huecas	1350 kgf/m <sup>3</sup>
Concreto armado	2400 kgf/m <sup>3</sup>
Losa aligerada e=0.2	300 kgf/m <sup>2</sup>

*FUENTE: E020*

Para el análisis lineal de la estructura se realizará teniendo en cuenta lo estipulado en la E030, con lo cual se realizará un análisis comparativo entre una estructura elaborada con un concreto tradicional y otras estructuras diseñadas con las características y propiedades que ofrece el concreto con reemplazo porcentual del agregado grueso por Tecnopor en un 5,10 y 15 %.

Para lo cual se realizarán verificaciones sísmicas que influyen en el diseño general de edificaciones, tales como derivas, peso de la edificación por unidad de área, excentricidades, etc.

### **Factores sísmicos**

La zona sísmica para el presente proyecto al ubicarse en el distrito de Chiclayo, Lambayeque es la zona 4, le corresponde una aceleración máxima horizontal en el suelo de 0.45, los parámetros de suelo por ser Chiclayo se considera un suelo tipo S=2, ya que está dentro de los suelos intermedios, El factor de uso U=1, que corresponde a una edificación categoría "C", por ser un edificio multifamiliar, el factor de amplificación sísmica C depende del periodo de la estructura, de los parámetros  $T_p$  y  $T_l$ ,

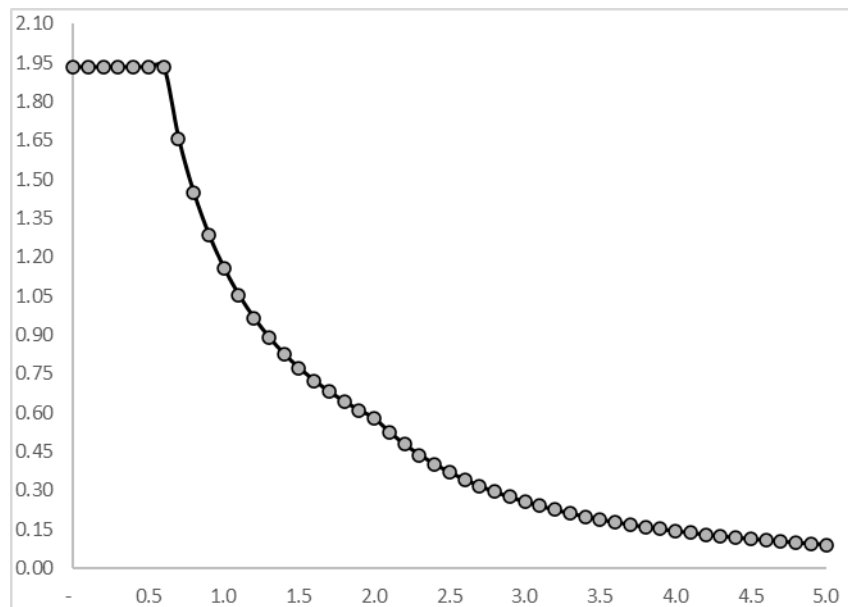
### **Espectro de análisis**

De acuerdo con las siguientes expresiones de la norma sismorresistente:

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

La grafica del espectro inelástico para ambas direcciones de análisis será:

*Figura N°34: Espectro inelástico*



*FUENTE: E030*

## Resultados y Discusión

### Características de los agregados

Los ensayos realizados a los agregados de la cantera Pátapo – La victoria se muestran a continuación:

#### Granulometría del agregado fino

El ensayo granulométrico se realizó según los parámetros de la NTP 400.012, para lo cual se optó por tomar una muestra de 500g, previamente secada en el horno y debidamente cuarteada (ver figura34).

*Figura N°35: Cuarteo de la muestra de agregado fino*



*FUENTE: Propia*

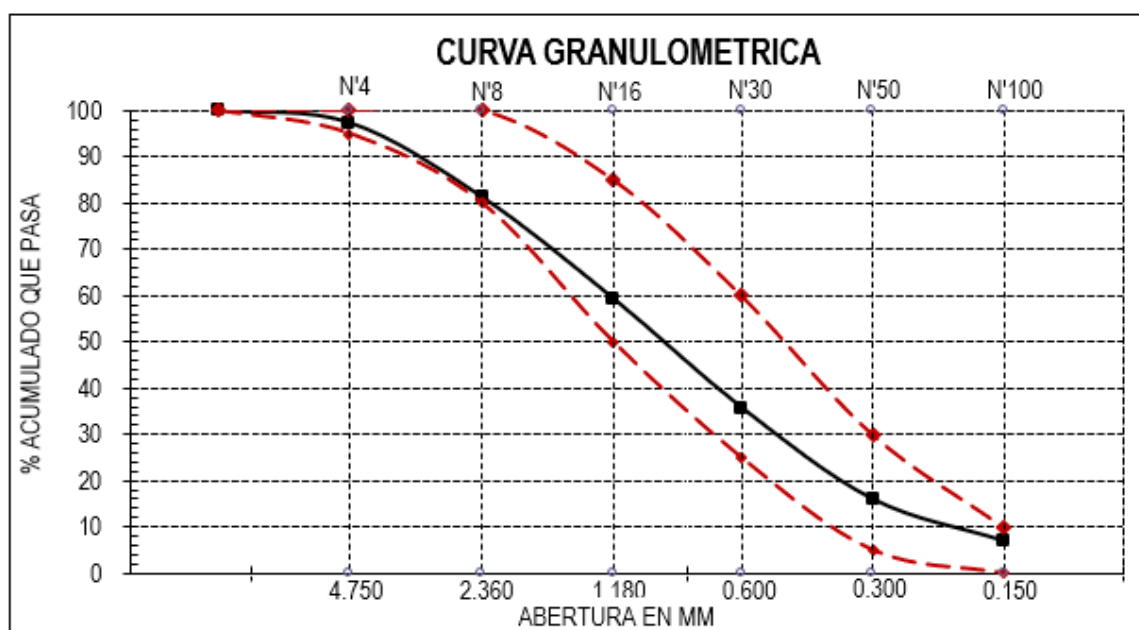
Luego se procedió a limpiar y ordenar los tamices, para posterior a ello proceder al tamizado. Luego de culminado el tamizado se tomaron los datos de pesos retenidos y calculo el porcentaje acumulado que pasa en cada tamiz para ser comparado con las especificaciones que ofrece la NTP 400.013, referido a la granulometría que debe tener el agregado para concreto (ver tabla N°14), adicional a ello se realizó la curva granulométrica, tal cual se ve en la figura N°36.

Tabla N°14: Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino NTP 400.012

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.					Minimo	Maximo
Peso seco inicial de la muestra		500.00 gr.					
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 04	4.75	13.51	2.70	2.70	97.30	95.00	100.00
N° 08	2.36	80.40	16.08	18.78	81.22	80.00	100.00
N° 16	1.18	109.58	21.92	40.70	59.30	50.00	85.00
N° 30	0.60	117.83	23.57	64.26	35.74	25.00	60.00
N° 50	0.30	99.21	19.84	84.11	15.89	5.00	30.00
N° 100	0.15	45.43	9.09	93.19	6.81	0.00	10.00
Fondo	-	32.06	6.41	99.60	0.40		

FUENTE: Propia

Figura N°36: Grafica de la curva granulométrica



FUENTE: Propia

Se puede apreciar que el agregado fino se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.013.

### Granulometría del agregado grueso

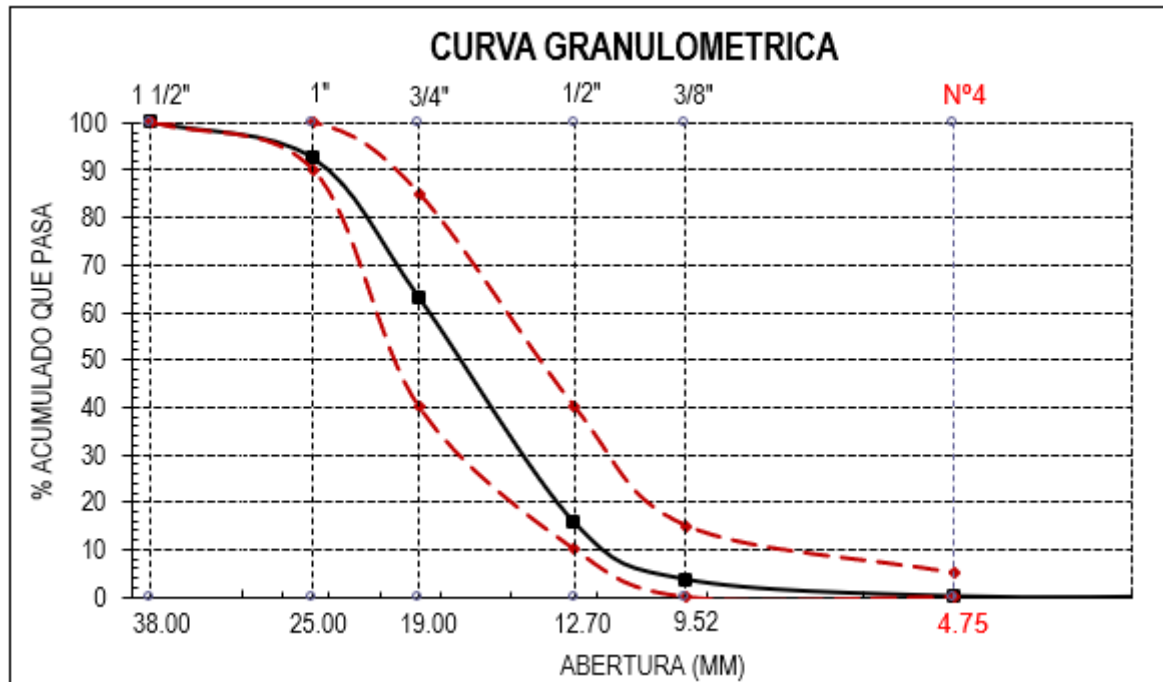
El ensayo granulométrico se realizó según los parámetros de la NTP 400.012, para lo cual se optó por tomar una muestra de 1991.83 g, previamente secada en el horno y debidamente cuarteada. Luego se procedió a limpiar y ordenar los tamices, para posterior a ello proceder al tamizado. Luego de culminado el tamizado se tomaron los datos de pesos retenidos y calculo el porcentaje acumulado que pasa en cada tamiz para ser comparado con las especificaciones que ofrece la NTP 400.013, referido a la granulometría que debe tener el agregado para concreto (ver tabla N°15), adicional a ello se realizó la curva granulométrica, tal cual se ve en la figura N°37.

*Tabla N°15: Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino NTP 400.012*

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.					Minimo	Maximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	151.1	7.6	7.6	92.4	90.0	100.0
3/4"	19.00	585.86	29.4	37.0	63.0	40.0	85.0
1/2"	12.70	945.46	47.5	84.5	15.5	10.0	40.0
3/8"	9.52	237.17	11.9	96.4	3.6	0.0	15.0
N° 04	4.75	70.21	3.5	99.9	0.1	0.0	5.0
N° 08	2.36	0.00	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
N° 16	1.19	0.00	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		2.05	0.1	100.0	0.0	0.0	0.0

*FUENTE: Propia*

Figura N°37: Grafica de la curva granulométrica



FUENTE: Propia

Se puede apreciar que el agregado fino se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTP 400.013.

### Contenido de humedad del agregado fino

Para el análisis del contenido de humedad del agregado fino tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 339.185, para la cual se tomó una muestra de 2000.05 g.

El proceso es relativamente sencillo, se pesó la muestra húmeda y se colocó por un tiempo de 24 horas al horno y se registró su peso, los datos fueron registrados en la Tabla N°16.

Tabla N°16: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino

<b>DATOS DE ENSAYO</b>	
N° TARA	T-1
PESO TARA+MUESTRA HUMEDA (gr.)	2083.05
PESO TARA+ MUESTRA SECA (gr.)	2049.48
PESO DEL AGUA (gr.)	33.57
PESO DEL TARA (gr.)	83.00
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	1966.48
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)</b>	<b>1.71%</b>

*FUENTE: Propia*

Se obtuvo que el porcentaje de humedad del agregado fino empleado posee un 1.71 % de humedad.

### **Contenido de humedad del agregado grueso**

Para el análisis del contenido de humedad del agregado fino tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 339.185, para la cual se tomó una muestra de 4720 g.

El proceso es relativamente sencillo, se pesó la muestra húmeda y se colocó por un tiempo de 24 horas al horno y se registró su peso, los datos fueron registrados en la Tabla N°17

*Tabla N°17: Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso*

<b>DATOS DE ENSAYO</b>	
N° TARA	T-2
PESO TARA+MUESTRA HUMEDA (gr.)	5000
PESO TARA+ MUESTRA SECA (gr.)	4980
PESO DEL AGUA (gr.)	20
PESO DEL TARA (gr.)	280
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	4700
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)</b>	<b>0.43%</b>

*FUENTE: Propia*

Se obtuvo que el porcentaje de humedad del agregado grueso empleado posee un 0.43 % de humedad.

### **Peso específico y Absorción del agregado fino**

Para realizar el análisis de peso específico y absorción del agregado fino se tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 400.022, para lo cual se verificó que la muestra tenga una humedad superficial con el uso de un molde cónico, el cual indica si la muestra puede ser usada en el ensayo, si está muy húmeda simplemente se deja secar un poco hasta que esté lista.

Posterior a ello se colocó 500 g de agregado en un picnómetro y se adicionó agua hasta su 90% de capacidad, luego se agitó hasta eliminar las burbujas de aire.

Finalmente se retira el agregado del picnómetro y se pone a secar al horno a una temperatura de 110 °C. Los datos se fueron registrando y se plasmaron en la Tabla N°18.

*Tabla N°18: Resultados del ensayo de peso específico de la arena*

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	1002.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	697.5
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	305.2
5.- Peso del Frasco		g	197.5
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	666.0
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	468.5
8.- Volumen del frasco.		cm <sup>3</sup>	500.0
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$7/(8-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.405
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$7/(7-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.567
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$7/((8-4)-(8-7))$	g/cm <sup>3</sup>	2.869
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((1-7)/7)*100$	%	6.73

*FUENTE: Propia*

El agregado fino empleado posee un peso específico de 2.405 g/cm<sup>3</sup>, un peso específico de la masa superficialmente seca de 2.567g/cm<sup>3</sup>, un peso específico aparente de 2.869 g/cm<sup>3</sup> y un porcentaje de absorción de 6.73%.

#### **Peso específico y Absorción del agregado grueso**

Para realizar el análisis de peso específico y absorción del agregado fino se tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 400.021, para lo cual se verificó que la muestra tenga una humedad superficial. Para a ello se usó 4974 g de agregado.

*Tabla N°19: Resultados del ensayo de peso específico del agregado grueso*

Muestra	-	1
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	4974
Peso de la muestra + canastilla sumergida	g	3830
Peso de la canastilla sumergida	g	920
Peso de la muestra seca	g	4900
Peso de la muestra sumergida	g	2910
Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	2064
Peso específico seco	g	2.37
Peso específico suelo saturado superficialmente seco	g/cm <sup>3</sup>	2.41
Absorción del agregado grueso	%	1.51

*FUENTE: Propia*

El agregado grueso empleado posee un peso específico de la masa superficialmente seca de 2.41 g/cm<sup>3</sup> y un porcentaje de absorción de 1.51%.

#### **Peso unitario del agregado fino**

Para realizar el análisis de peso unitario del agregado fino se tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 400.017, para lo cual se obtuvo el peso unitario suelto colocando el agregado en un recipiente y pesándolo en una balanza, para el peso unitario compactado se hizo el proceso de llenad en 3 fases, en cada fase se compacto con una varilla y se enrazo para posteriormente ser pesado, los datos se fueron registrando en la Tabla N°20 y Tabla N°21.

*Tabla N°20: Resultado del peso unitario suelto del aagregado fino*

<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO</b>					
<b>DATOS</b>	-	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>MEDIA</b>
Peso de la muestra + molde	g	18040.0	18050.0	18040.0	18043.3
Peso del molde	g	10050.0	10050.0	10050.0	10050.0
Peso de la muestra	g	7990.0	8000.0	7990.0	7993.3
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.2	5498.2	5498.2	5498.2
Peso unitario seco suelto	kg/m <sup>3</sup>	1453.2	1455.0	1453.2	<b>1453.8</b>

*FUENTE: Propia*

*Tabla N°21: Resultado del peso unitario compactado del agregado fino*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>DATOS</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>MEDIA</b>
Peso de la muestra + molde	g	19290.0	19380.0	19410.0	19360.0
Peso del molde	g	10050.0	10050.0	10050.0	10050.0
Peso de la muestra	g	9240.0	9330.0	9360.0	9310.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.2	5498.2	5498.2	5498.2
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1680.6	1696.9	1702.4	<b>1693.3</b>

*FUENTE: Propia*

El peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado utilizado es de 1.453 g/cm<sup>3</sup> y el peso unitario compactado seco es de 1.693 g/cm<sup>3</sup>, en este ensayo resulta mayor el peso compactado por el hecho de que al ser compactadas las partículas el espacio o vacío que existe entre ellas se elimina y genera mayor espacio para otras partículas de agregado.

### **Peso unitario del agregado grueso**

Para realizar el análisis de peso unitario del agregado fino se tuvo en cuenta lo descrito por la NTP 400.017, para lo cual se obtuvo el peso unitario suelto colocando el agregado en un recipiente y pesándolo en una balanza, para el peso unitario compactado se hizo el proceso de llenad en 3 fases, en cada fase se compacto con una varilla y se enrazo para posteriormente ser pesado, los datos se fueron registrando en la Tabla N°22 y Tabla N°23.

*Tabla N°22: Resultado del peso unitario suelto del agregado grueso*

<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO</b>					
<b>DATOS</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROM.</b>
Peso de la muestra + molde	g	17880.0	17800.0	17640.0	17773.3
Peso del molde	g	10050.0	10050.0	10050.0	10050.0
Peso de la muestra	g	7830.0	7750.0	7590.0	7723.3
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.2	5498.2	5498.2	5498.2
Peso unitario seco suelto	kg/m <sup>3</sup>	1424.1	1409.6	1380.5	<b>1404.7</b>

*FUENTE: Propia*

*Tabla N°23: Resultado del peso unitario compactado del agregado grueso*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
<b>DATOS</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROM.</b>
Peso de la muestra + molde	g	18490.0	18410.0	18480.0	18460.0
Peso del molde	g	10050.0	10050.0	10050.0	10050.0
Peso de la muestra	g	8440.0	8360.0	8430.0	8410.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.2	5498.2	5498.2	5498.2
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1535.1	1520.5	1533.2	<b>1529.6</b>

*FUENTE: Propia*

El peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado utilizado es de 1.404 g/cm<sup>3</sup> y el peso unitario compactado seco es de 1.529 g/cm<sup>3</sup>, en este ensayo resulta mayor el peso compactado por el hecho de que al ser compactadas las partículas el espacio o vacío que existe entre ellas se elimina y genera mayor espacio para otras partículas de agregado.

## Diseño de concreto

Para el diseño del concreto se siguió lo mencionado por el comité 211 del ACI, para lo cual se diseñó un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , aquí se menciona que para dicha resistencia se debe contemplar un factor de seguridad de 84, obteniéndose así un  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

Para los diseños realizados, tanto para el concreto patrón y para los concretos con sustitución porcentual del agregado grueso por Tecnopor se tomaron los datos de los agregados obtenidos de los ensayos. A continuación, se muestran los diseños de mezcla.

### Concreto patrón

DATOS		MATERIALES			
$f'c$ DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	CEMENTO	TIPO-I		
ESTRUCTURA	EDIFICACION CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	AGREGADOS:			
AIRE INCORPORADO	NO	AF y AG: Cartera la Victoria (dsto. Pátapo)			
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
OBSERVACIONES	NINGUNA	P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm <sup>3</sup>	2.40	2.41
		% DE ABSORCIÓN	%	6.73	1.51
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71	0.43
		MODULO DE FINEZA	-	3.04	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	---	1"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1693	1530
		P. UNIT. SUJETO	kg/m <sup>3</sup>	1454	1405

#### PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	$f'cr$	=	294	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO		=	193	lt/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	917.76	kg/m <sup>3</sup>

#### DISEÑO

##### 1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.111	m <sup>3</sup>
AGUA	=	0.193	m <sup>3</sup>
AIRE	=	0.015	m <sup>3</sup>
A. GRUESO	=	0.381	m <sup>3</sup>
TOTAL	=	0.700	m <sup>3</sup>

##### 2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m <sup>3</sup>
PESO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>

##### 3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO:	193.00	lt
A. FINO SECO :	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO :	917.76	kg/m <sup>3</sup>

##### 4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS			
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>	
A. GRUESO HUMEDO	921.66	kg/m <sup>3</sup>	
HUMEDAD SUPERFICIAL			
A. FINO	-5.02	%	
A. GRUESO	-1.08	%	
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
A. FINO	-36.27	lt/m <sup>3</sup>	
A. GRUESO	-9.95	lt/m <sup>3</sup>	
AGUA EFECTIVA	239.23	lt/m <sup>3</sup>	

##### 5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	239.23	lt
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	921.66	kg/m <sup>3</sup>

#### RESULTADOS

PROPORCION EN PESO  $f'c$ =  
PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
1.00	2.126	2.667	0.692	
1.00	2.195	2.849	29.42	lt/bol

**1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS**

	cantidad	volumen
PROBETAS	1	0.005567 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS (1m3)	PESO EN Kg
CEMENTO	345 .63 kg/m3	1.92 Kg
AGUA EFECTIVA	239 .23 kg/m3	1.33 Kg
A. FINO HUMEDO	734 .75 kg/m3	4.09 Kg
A. GRUESO HUMEDO	921 .66 kg/m3	5.13 Kg

**2 CANTIDAD DE MATERIAL PARA VIGA**

	cantidad	volumen
VIGAS 50*15*15	1	0.011813 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345 .63 kg/m3	4.08 Kg
AGUA EFECTIVA	239 .23 kg/m3	2.83 Kg
A. FINO HUMEDO	734 .75 kg/m3	8.68 Kg
A. GRUESO HUMEDO	921 .66 kg/m3	10.89 Kg

**Concreto con reemplazo del 5% de agregado grueso por tecnopor**

DATOS		MATERIALES			
f'c DISEÑO (Kg/cm2)	210	CEMENTO	TIPO-1		
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP 3"-4")	TECNOPOR	10	KG/MB	
AIRE INCORPORADO	NO	AGREGADOS:	AF y AG: Cantera la Victoria (dsto. Pátapo)		
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
OBSERVACIONES	NINGUNA	P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm3	2.40	2.41
		% DE ABSORCIÓN	%	6.73	1.51
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71	0.43
		MODULO DE FINEZA	-	3.04	---
		TAMAÑO MAX. NOMINAL	--	---	1"
		P. UNT. COMPACTADO	kg/m3	1693	1530
		P. UNT. SUELTO	kg/m3	1454	1405

**PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)**

RESISTENCIA PROMEDIO	f <sub>c</sub>	=	294	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO		=	193	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	917.76	kg/m3

**DISEÑO****1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

CEMENTO	=	0.111	0.111	m3
AGUA	=	0.193	0.193	m3
AIRE	=	0.015	0.015	m3
A. GRUESO	=	0.381	0.362	m3
TECNOPOR	=	0.019	0.019	m3
TOTAL	=		0.700	m3

**2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m3
PESO SECO:	722.42	kg/m3

**3. VALORES DE DISEÑO**

CEMENTO:	345.63	kg/m3
AGUA DE DISEÑO:	193.00	lt
A. FINO SECO:	722.42	kg/m3
A. GRUESO SECO:	871.87	kg/m3
TECNOPOR	0.19	kg/m3

**4. CORRECCION POR HUMEDAD**

PESOS HUMEDOS			
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m3	
A. GRUESO HUMEDO	875.58	kg/m3	
HUMEDAD SUPERFICIAL			
A. FINO	-5.02	%	
A. GRUESO	-1.08	%	
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
A. FINO	-36.27	lt/m3	
A. GRUESO	-9.46	lt/m3	
AGUA EFECTIVA	238.73	lt	

**5. PESOS CORREGIDOS**

CEMENTO	345.63	kg/m3
AGUA EFECTIVA	238.73	lt
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m3
TECNOPOR	0.19	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	875.58	kg/m3

**RESULTADOS**

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	TECNOPOR	AGUA	
<b>PROPORCION EN PESO <math>f'c=</math></b>	<b>1.00</b>	<b>2.126</b>	<b>2.533</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.691</b>	
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	<b>1.00</b>	<b>2.195</b>	<b>2.707</b>	<b>0.083</b>	<b>29.36</b>	lt/bol

**1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS**

	cantidad	volumen
PROBETAS	1	0.005567 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m3	1.92 Kg
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m3	1.33 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m3	4.09 Kg
TECNOPOR	00.19 kg/m3	0.0011 Kg
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m3	4.87 Kg

**2 CANTIDAD DE MATERIAL PARA VIGA**

	cantidad	volumen
VIGAS 50*15*15	1	0.011813 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m3	4.08 Kg
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m3	2.82 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m3	8.68 Kg
TECNOPOR	00.19 kg/m3	0.0022 Kg
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m3	10.34 Kg

**Concreto con reemplazo del 10% de agregado grueso por tecnopor**

DATOS		MATERIALES			
$f'c$ DISEÑO (Kg/cm2)	210	CEMENTO	TIPO-I		
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PUBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	TECNOPOR	10	KG/M3	
AIRE INCORPORADO	NO	AGREGADOS:			
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	AFyAG: Cantera la Victoria (dsto. Pátapo)			
OBSERVACIONES	NINGUNA	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
		P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm3	240	241
		% DE ABSORCIÓN	%	6.73	1.51
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71	0.43
		MODULO DE FINEZA	-	3.04	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	-	---	1"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m3	1693	1530
		P. UNIT. SUELTO	kg/m3	1454	1405

**PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)**

RESISTENCIA PROMEDIO	$f'cr$	=	294	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56	-
AGUA DE MEZCLA DO		=	193	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	917.76	kg/m3

**DISEÑO****1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

CEMENTO	=	0.111	0.111	m3
AGUA	=	0.193	0.193	m3
AIRE	=	0.015	0.015	m3
A. GRUESO	=	0.381	0.343	m3
TECNOPOR	=	0.038	0.038	
TOTAL	=		0.700	m3

**2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m3
PESO SECO:	722.42	kg/m3

**4. CORRECCION POR HUMEDAD**

PESOS HUMEDOS			
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m3	
A. GRUESO HUMEDO	829.50	kg/m3	
HUMEDAD SUPERFICIAL			
A. FINO	-5.02	%	
A. GRUESO	-1.08	%	
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
A. FINO	-3.627	lt/m3	
A. GRUESO	-8.96	lt/m3	
AGUA EFECTIVA	238.23	lt	

**3. VALORES DE DISEÑO**

CEMENTO :	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO :	193.00	lt
A. FINO SECO :	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO :	825.98	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR	0.38	kg/m <sup>3</sup>

**5. PESOS CORREGIDOS**

CEMENTO	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.23	lt
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR	0.38	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	829.50	kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS**

PROPORCION EN PESO  $f'c=$   
PROPORCION EN VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA	
<b>1.00</b>	<b>2.126</b>	<b>2.400</b>	<b>0.00110</b>	<b>0.689</b>	
<b>1.00</b>	<b>2.195</b>	<b>2.564</b>	<b>0.165</b>	<b>29.29</b>	lt/bol

**1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS**

	cantidad	volumen
PROBETAS	1	0.005567 m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	1.92 Kg
AGUA EFECTIVA	238.23 kg/m <sup>3</sup>	1.33 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>	4.09 Kg
TECNOPOR	00.38 kg/m <sup>3</sup>	0.0021 Kg
A. GRUESO HUMEDO	829.50 kg/m <sup>3</sup>	4.62 Kg

**2 CANTIDAD DE MATERIAL PARA VIGA**

	cantidad	volumen
VIGAS 50*15*15	1	0.011813 m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	4.08 Kg
AGUA EFECTIVA	238.23 kg/m <sup>3</sup>	2.81 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>	8.68 Kg
TECNOPOR	00.38 kg/m <sup>3</sup>	0.0045 Kg
A. GRUESO HUMEDO	829.50 kg/m <sup>3</sup>	9.80 Kg

**Concreto con reemplazo del 15% de agregado grueso por tecnopor**

DATOS		MATERIALES			
$f'c$ DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	CEMENTO	TIPO-I		
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PUBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SR. 3"-4")	TECNOPOR	10	KG/M <sup>3</sup>	
AIRE INCORPORADO	NO	AGREGADOS:	AFyAG: Cartera la Victoria (dsto. Pátapo)		
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
OBSERVACIONES	NINGUNA	P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm <sup>3</sup>	2.40	2.41
		% DE ABSORCION	%	6.73	1.51
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71	0.43
		MODULO DE RIEZA	-	3.04	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	---	1"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1693	1530
		P. UNIT. SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1454	1405

**PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)**

RESISTENCIA PROMEDIO	$f'c$	=	294	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO		=	193	lt/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	917.76	kg/m <sup>3</sup>

**DISEÑO****1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

CEMENTO	=	0.111	0.111	m3
AGUA	=	0.193	0.193	m3
AIRE	=	0.015	0.015	m3
A. GRUESO	=	0.381	0.324	m3
TECNOPOR	=	0.057	0.057	
TOTAL	=		0.700	m3

**2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m3
PESO SECO:	722.42	kg/m3

**3. VALORES DE DISEÑO**

CEMENTO:	345.63	kg/m3
AGUA DE DISEÑO:	193.00	lt
A. FINO SECO:	722.42	kg/m3
A. GRUESO SECO:	780.09	kg/m3
TECNOPOR	0.57	kg/m3

**4. CORRECCION POR HUMEDAD**

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	783.41	kg/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	-5.02	%
A. GRUESO	-1.08	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	-36.27	lt/m3
A. GRUESO	-8.46	lt/m3
AGUA EFECTIVA	237.73	lt

**5. PESOS CORREGIDOS**

CEMENTO	345.63	kg/m3
AGUA EFECTIVA	237.73	lt
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m3
TECNOPOR	0.57	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	783.41	kg/m3

**RESULTADOS**

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA	
PROPORCION EN PESO $f'_{cc}$ =	1.00	2.126	2.267	0.0017	0.688	
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.195	2.422	0.248	29.23	lt/bol

**1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS**

	cantidad	volumen
PROBETAS	1	0.005567 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m3	1.92 Kg
AGUA EFECTIVA	237.73 kg/m3	1.32 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m3	4.09 Kg
TECNOPOR	00.57 kg/m3	0.0032 Kg
A. GRUESO HUMEDO	783.41 kg/m3	4.36 Kg

**2 CANTIDAD DE MATERIAL PARA VIGA**

	cantidad	volumen
VIGAS 50*15*15	1	0.011813 m3

MATERIAL	PESO CORRIGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m3	4.08 Kg
AGUA EFECTIVA	237.73 kg/m3	2.81 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m3	8.68 Kg
TECNOPOR	00.57 kg/m3	0.0067 Kg
A. GRUESO HUMEDO	783.41 kg/m3	9.25 Kg

**Asentamiento del concreto**

Para conocer el SLUMP de diseño del concreto se siguieron los parámetros de la NTP 339.035, para lo cual mediante el uso del cono de abrams se pudo saber el asentamiento del concreto patrón, y de los concretos con reemplazo del 5,10 y 15 % de agregado grueso por Tecnopor.

En la tabla N° 24 se muestran los resultados de asentamiento, en todos los casos se buscó conseguir un asentamiento entre 3” y 4”.

*Tabla N°24: Resultado del SLUMP del concreto*

<b>Slump de diseño</b>	
Concreto patrón	<b>3.5</b>
concreto con 5% tecnopor	<b>3.5</b>
concreto con 10% tecnopor	<b>3.5</b>
concreto con 15% tecnopor	<b>3.3</b>

*FUENTE: Propia*

### **Peso unitario del concreto**

El peso unitario del concreto se evaluó según la ASTM C138, para este apartado menciona el proceso para determinar el peso unitario del concreto en estado fresco, adicional a ello se realizó el peso unitario del concreto en estado endurecido, en la tabla N° 25 y tabla N°26 se muestran los resultados obtenidos.

*Tabla N°25: Resultado del peso unitario del concreto en estado fresco*

muestras	peso	Vol-Probetas	Densidad real
Concreto patron	12660.0 g	0.005301	<b>2388.0 Kg/m3</b>
concreto con 5% tecnopor	12516.7 g	0.005301	<b>2361.0 Kg/m3</b>
concreto con 10% tecnopor	12040.0 g	0.005301	<b>2271.1 Kg/m3</b>
concreto con 15% tecnopor	11850.0 g	0.005301	<b>2235.2 Kg/m3</b>

*FUENTE: Propia*

*Tabla N°26: Resultado del peso unitario del concreto en estado endurecido*

muestras	peso	Vol-Probetas	Densidad real
Concreto patron	12730.0 g	0.005301	<b>2401.2 Kg/m3</b>
concreto con 5% tecnopor	12240.0 g	0.005301	<b>2308.8 Kg/m3</b>
concreto con 10% tecnopor	12027.0 g	0.005301	<b>2268.6 Kg/m3</b>
concreto con 15% tecnopor	11810.0 g	0.005301	<b>2227.7 Kg/m3</b>

*FUENTE: Propia*

### **Resistencia a la compresión del concreto**

Para obtener la resistencia a la compresión del concreto se respetó lo mencionado en la norma ASTM C39, la cual menciona que se deben ensayar especímenes cilíndricos de 15cm de

diámetro y 30cm de altura, para posteriormente ser ensayado en la prensa hidráulica. En esta investigación se realizó un diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con un factor de seguridad de 84 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual el  $f'cr= 294$  kg/cm<sup>2</sup>.

La muestra ensayada fue de 3 testigos por cada diseño y por cada edad de ensayo, se realizó el ensayo a los 7,14,21 y 28 días.

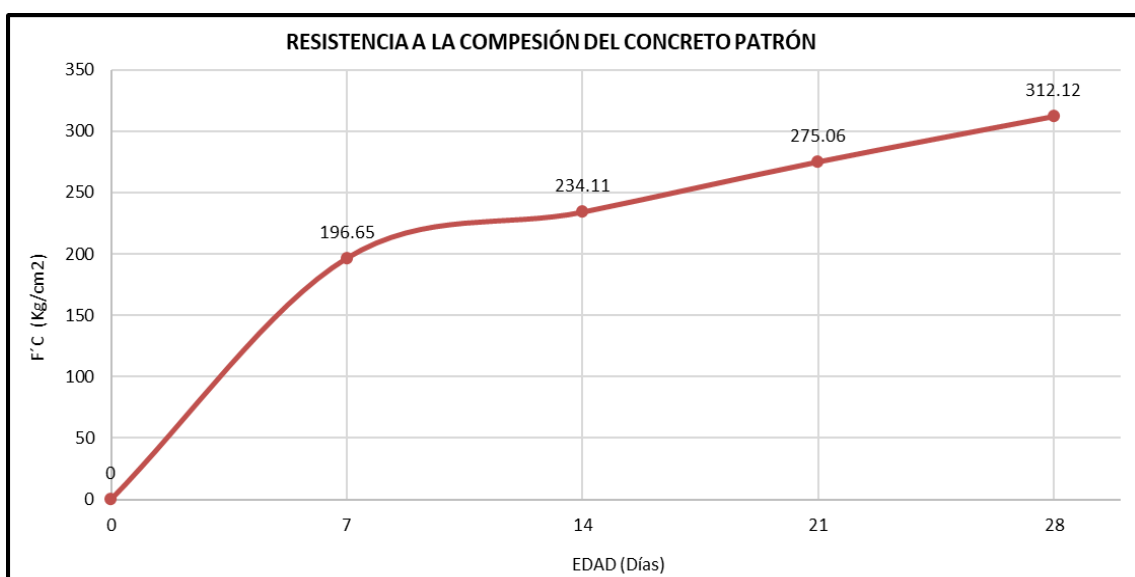
### Concreto patrón

Tabla N°27: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto patrón

Descripción $f'cr = 294$ kg/cm <sup>2</sup>	Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Área (cm <sup>2</sup> )	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
				kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>			
Diseño de muestra patrón	7.00	15.1	179.08	34270	191.37	65%	196.65	67%
	7.00	15.1	179.08	33570	187.46	64%		
	7.00	15.1	179.08	37810	211.14	72%		
	14.00	15.1	179.08	37060	206.95	70%	234.11	80%
	14.00	15.1	179.08	46760	261.11	89%		
	14.00	15.1	179.08	41950	234.25	80%		
	21.00	15.1	179.08	49692.6	277.49	94%	275.06	94%
	21.00	15.1	179.08	50288.1	280.82	96%		
	21.00	15.1	179.08	47789.2	266.86	91%		
	28.00	15.1	179.08	54299.8	303.22	103%	312.12	106%
	28.00	15.1	179.08	56470	315.34	107%		
	28.00	15.1	179.08	56910	317.79	108%		

FUENTE: Propia

Figura N°38: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto patrón



FUENTE: Propia

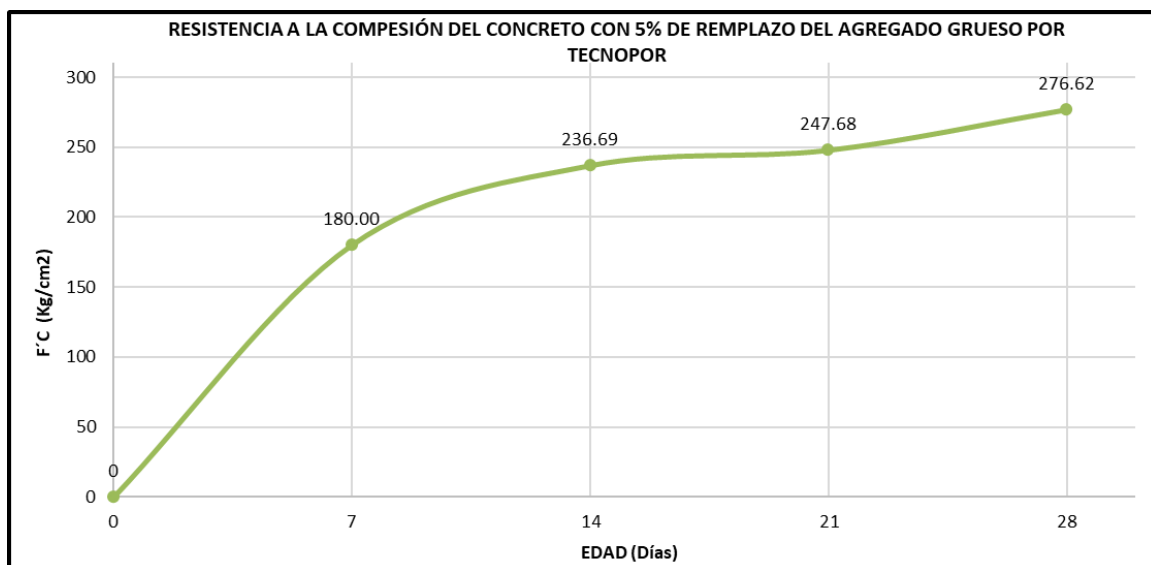
### Concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor

Tabla N°28: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor

Descripción f'cr = 294 kg/cm2	Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Área (cm2)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm2)	Promedio (%)
				kg/cm2	kg/cm2			
Diseño de concreto con 5% de tecnopor	7	15.1	179.08	32270	180.20	61%	180.00	61%
	7	15.1	179.08	31880	178.02	61%		
	7	15.1	179.08	32550	181.76	62%		
	14	15.1	179.08	40670	227.11	77%	236.69	81%
	14	15.1	179.08	42600	237.88	81%		
	14	15.1	179.08	43890	245.09	83%		
	21	15.1	179.08	44562.3	248.84	85%	247.68	84%
	21	15.1	179.08	41824.8	233.56	79%		
	21	15.1	179.08	46678	260.66	89%		
	28	15.1	179.08	51048.5	285.06	97%	276.62	94%
	28	15.1	179.08	48280	269.60	92%		
	28	15.1	179.08	49280	275.19	94%		

FUENTE: Propia

Figura N°39: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor



FUENTE: Propia

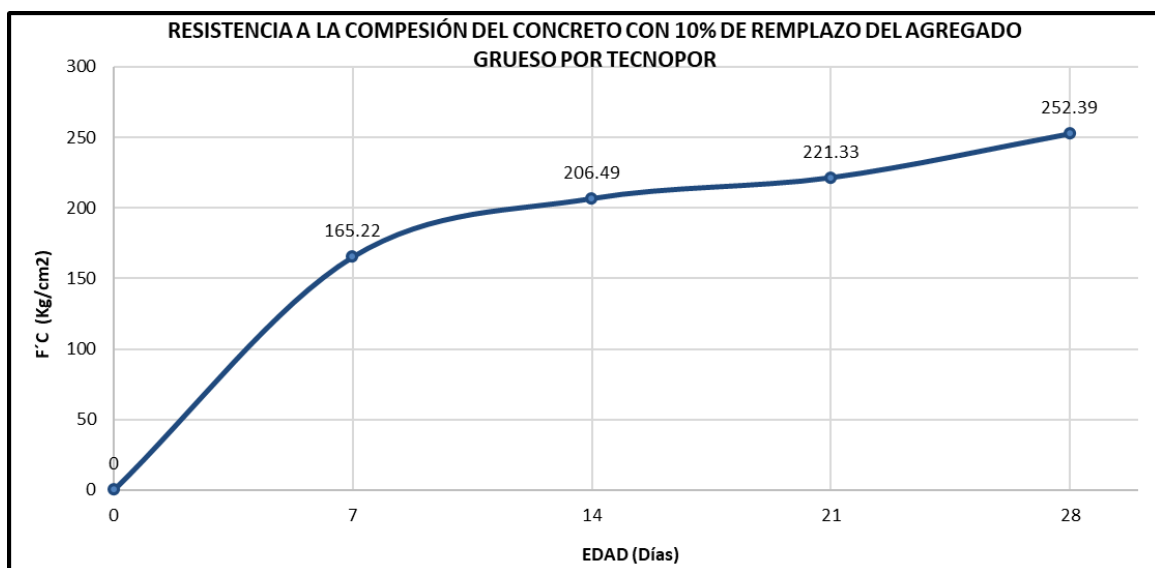
### Concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor

Tabla N°29: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor

Descripción f'cr = 294 kg/cm2	Edad (Días)	Diametro (Ø)	Área (cm2)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm2)	Promedio (%)
				kg/cm2	kg/cm2			
Diseño de concreto con 10% de tecnopor	7	15.1	179.08	28630	159.87	54%	165.22	56%
	7	15.1	179.08	31350	175.06	60%		
	7	15.1	179.08	28780	160.71	55%		
	14	15.1	179.08	37423.2	208.98	71%	206.49	70%
	14	15.1	179.08	36288.9	202.64	69%		
	14	15.1	179.08	37221.6	207.85	71%		
	21	15.1	179.08	40979.9	228.84	78%	221.33	75%
	21	15.1	179.08	38536.1	215.19	73%		
	21	15.1	179.08	39390.7	219.96	75%		
	28	15.1	179.08	47045.2	262.71	89%	252.39	86%
	28	15.1	179.08	42740	238.67	81%		
	28	15.1	179.08	45810	255.81	87%		

FUENTE: Propia

Figura N°40: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor



FUENTE: Propia

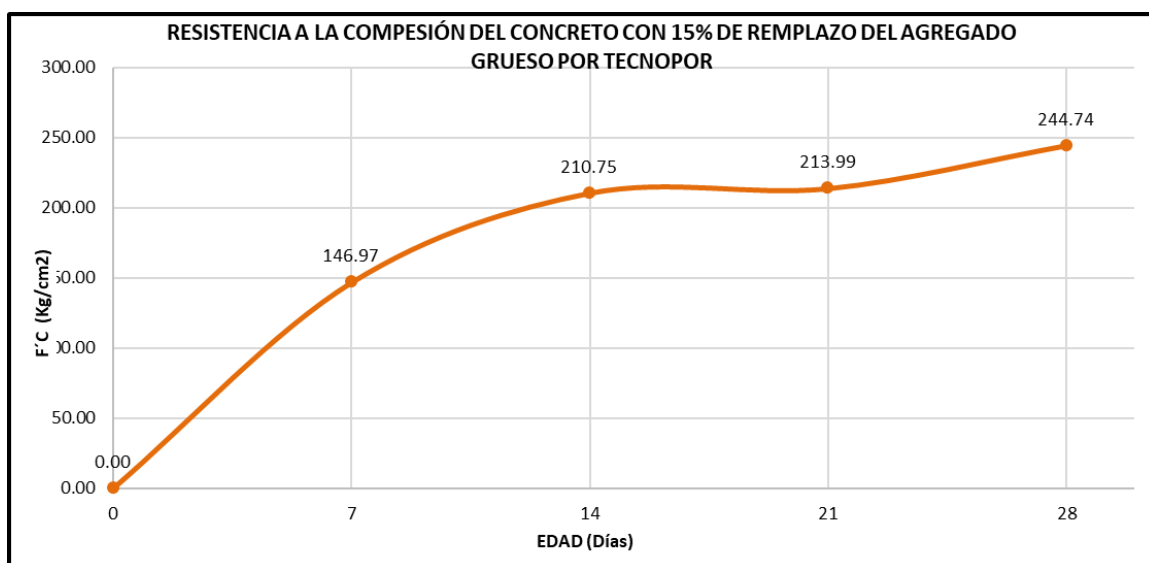
### Concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor

Tabla N°30: Resultado de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor

Descripción f'cr = 294 kg/cm2	Edad (Días)	Diametro (Ø)	Área (cm2)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm2)	Promedio (%)
				kg/cm2	kg/cm2			
Diseño de concreto con 15% de tecnopor	7	15.1	179.08	28810	160.88	55%	146.97	50%
	7	15.1	179.08	25190	140.66	48%		
	7	15.1	179.08	24960	139.38	47%		
	14	15.1	179.08	37981.8	212.10	72%	210.75	72%
	14	15.1	179.08	36692.2	204.89	70%		
	14	15.1	179.08	38550.1	215.27	73%		
	21	15.1	179.08	39572.6	220.98	75%	213.99	73%
	21	15.1	179.08	36020.6	201.14	68%		
	21	15.1	179.08	39369.4	219.84	75%		
	28	15.1	179.08	44852.1	250.46	85%	244.74	83%
	28	15.1	179.08	41420	231.30	79%		
	28	15.1	179.08	45210	252.46	86%		
28	15.1	179.08	45210	252.46	86%			

FUENTE: Propia

Figura N°41: Grafica de la curva de resistencia a la compresión vs edad del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor



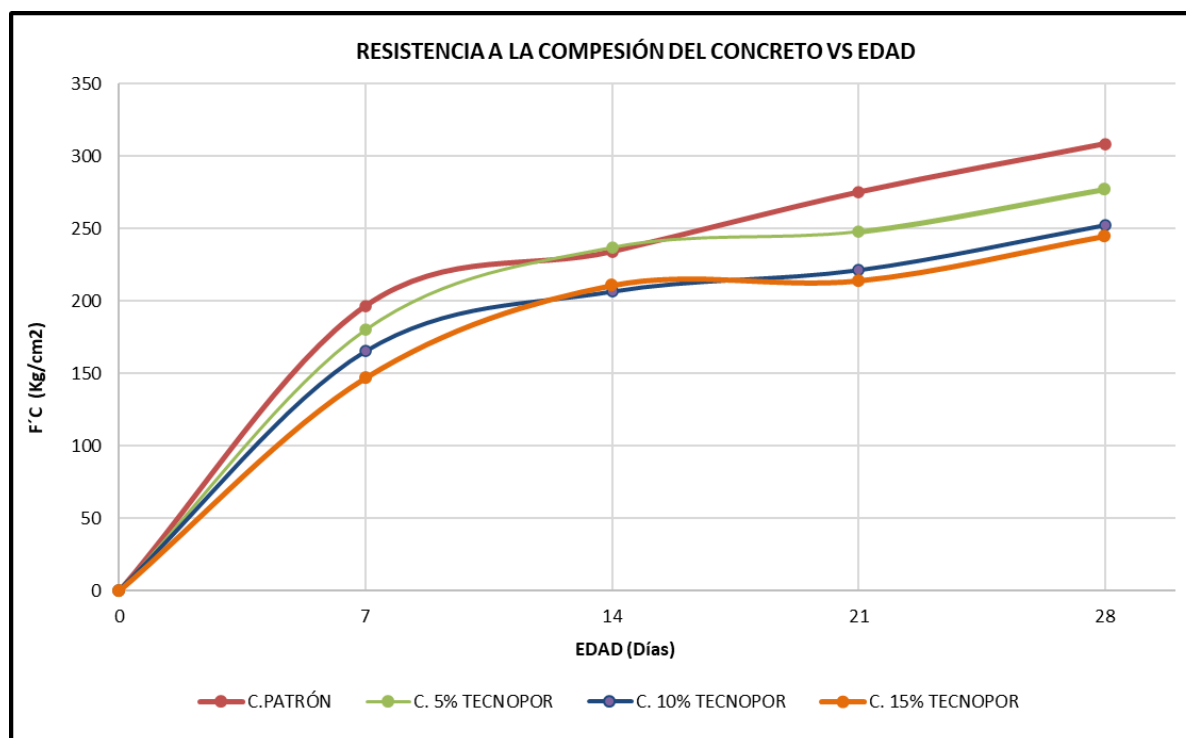
FUENTE: Propia

### Comparación de los resultados de resistencia a la compresión del concreto

De acuerdo a los datos obtenidos se pudo observar que el concreto patrón logro una resistencia a los 28 días de  $f'c = 312.12 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a los 28 días de  $f'c = 276.62 \text{ kg/cm}^2$ , así también el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a los 28 días de  $f'c = 252.39 \text{ kg/cm}^2$  y por último el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a los 28 días de  $f'c = 244.74 \text{ kg/cm}^2$ ,

En la siguiente grafica se puede observar cómo varia la resistencia con respecto a la edad, se puede observar que tanto el concreto con 5% y 10% de reemplazo de agregado fino por Tecnopor mantienen una resistencia similar sobre todo a partir del día 14. También se puede observar que el reemplazo de agregado grueso por Tecnopor no nos brinda una resistencia mayor al concreto patrón, sin embargo, si se mantiene por encima del  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Figura N°42: Grafica comparativa de las curvas de resistencia a la compresión vs edad del concreto



FUENTE: Propia

### Resistencia a la flexión del concreto

Para obtener la resistencia a la flexión del concreto se respetó lo mencionado en la norma ASTM C78, la cual menciona que se deben ensayar vigas de 15cm de base y altura y 50 cm de longitud, para posteriormente ser ensayado en la prensa hidráulica. En esta investigación se realizó un diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con un factor de seguridad de 84 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual el  $f'cr= 294$  kg/cm<sup>2</sup>.

La muestra ensayada fue de 3 testigos por cada diseño, se realizó el ensayo a los 28 días.

*Tabla N°31: Resultado de la resistencia a la flexión del concreto*

Descripción $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	Edad (Días)	lagor (L) Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (b=cm)	Espesor del espécimen t(cm)	Cargas (Kgf)	Módulo de Rotura (MPa) MR(kg/cm <sup>2</sup> )	$M_r = \frac{P*L}{b*t^2}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	r(velocidad)
Diseño de muestra patrón	28.00	45	15	15	2656.3	35.42	39.46	67.50
	28.00	45	15	15	2737.6	36.50		67.50
	28.00	45	15	15	3485.7	46.48		67.50
Diseño de concreto con 5% de tecnopor	28.00	45	15	15	2681.1	35.75	35.71	67.50
	28.00	45	15	15	2570.3	34.27		67.50
	28.00	45	15	15	2783.9	37.12		67.50
Diseño de concreto con 10% de tecnopor	28.00	45	15	15	2318.9	30.92	31.92	67.50
	28.00	45	15	15	2268.7	30.25		67.50
	28.00	45	15	15	2594.7	34.60		67.50
Diseño de concreto con 15% de tecnopor	28.00	45	15	15	2078.2	27.71	28.53	67.50
	28.00	45	15	15	2114.5	28.19		67.50
	28.00	45	15	15	2227.4	29.70		67.50

*FUENTE: Propia*

### Modulo de elasticidad y poisson del concreto

Para este ensayo se siguió lo mencionado en la norma ASTM C469, la cual menciona que se para conocer el módulo de elasticidad y razón de poisson del concreto se deben elaborar testigos cilíndricos de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, para esta investigación se realizaron 2 testigos por muestra, tanto para concreto patrón como para el concreto con reemplazo del agregado grueso por Tecnopor en 5, 10 y 15%. El ensayo se realizó los 28 días para un concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

También se consideró oportuno realizar el cálculo teórico que se menciona en la norma ACI 318 19 en su artículo 19.2.2, en la cual menciona que para concretos cuyo peso unitario oscila entre 1440 y 2560 kg/m<sup>3</sup>, se debe emplear la siguiente expresión.

$$E_c = W_c^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f'_c} \quad \left(\text{en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

Es válido mencionar que la norma menciona que se pueden tomar otros valores de  $E_c$  siempre y cuando estos datos sean respaldados por ensayos de laboratorio, es por ello que en esta investigación se realizó dicho ensayo, lo cual se muestran a continuación los resultados.

*Tabla N°32: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson para concreto patron*

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRÓN 210 kg/cm <sup>2</sup>	
Muestra	Muestra 1	Muestra 2
$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	315.34	317.79
$\sigma_u$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	316.56	
Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	126.13	127.12
Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	5.95041	7.10562
$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S2)	0.001060	0.000894
$\epsilon$ Unitaria Transv	0.00012063	0.00012610
$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	119008.270	142112.315
Promedio $E_c$ (experimental) Kg/cm <sup>2</sup>	130560.293	
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup>	2401.20	
$E_c$ ( ACI 318) Kg/cm <sup>2</sup>	293090.59	
$\nu$	0.1138	0.1410
promedio $\nu$	0.1274	

FUENTE: Propia

Para el concreto patrón se obtuvo un módulo de elasticidad de acuerdo al ensayo de 130560.293 kg/m<sup>3</sup> y según lo mencionado en el ACI se obtiene un módulo de elasticidad de 293090.59 kg/m<sup>3</sup> y la razón de poisson obtenida mediante el ensayo es de 0.1274.

*Tabla N°33: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 5% del agregado grueso por Tecnopor*

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRON 210 kg/cm <sup>2</sup> CON TECNOPOR 5%	
	Muestra 1	Muestra 2
<b>Muestra</b>	Muestra 1	Muestra 2
<b><math>\sigma_u</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	269.60	275.19
<b><math>\sigma_u</math> prom (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	272.39	
<b>Esfuerzo S2 (40%<math>\sigma_u</math>) Kg/cm<sup>2</sup></b>	107.84	110.07
<b>Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm<sup>2</sup></b>	6.24002	6.57473
<b><math>\epsilon</math> unitaria <math>\epsilon_2</math> (S2)</b>	0.000864	0.000837
<b><math>\epsilon</math> UnitariaTransv</b>	0.00010026	0.00011356
<b><math>E_c</math> Kg/cm<sup>2</sup></b>	124800.492	131494.631
<b>Promedio <math>E_c</math> (experimental) Kg/cm<sup>2</sup></b>	128147.562	
<b>PESO UNITARIO Kg/m<sup>3</sup></b>	2308.80	
<b><math>E_c</math> ( ACI 318) Kg/cm<sup>2</sup></b>	256334.18	
<b><math>\nu</math></b>	0.1160	0.1357
<b>promedio <math>\nu</math></b>	0.1258	

*FUENTE: Propia*

Para el concreto patrón se obtuvo un módulo de elasticidad de acuerdo al ensayo de 128147.562 kg/m<sup>3</sup> y según lo mencionado en el ACI se obtiene un módulo de elasticidad de 256334.18 kg/m<sup>3</sup> y la razón de poisson obtenida mediante el ensayo es de 0.1258.

Tabla N°34: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 10% del agregado grueso por Tecnopor

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRON 210 kg/cm <sup>2</sup> CON TECNOPOR 10%	
	Muestra 1	Muestra 2
Muestra		
$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	238.67	255.81
$\sigma_u$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	247.24	
Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	95.47	102.32
Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	5.50250	6.11178
$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S2)	0.000867	0.000837
$\epsilon$ Unitaria Transv	0.00010230	0.00009870
$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	110050.089	122235.573
Promedio $E_c$ (experimental) Kg/cm <sup>2</sup>	116142.831	
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup>	2268.60	
$E_c$ (ACI 318) Kg/cm <sup>2</sup>	237860.50	
$\nu$	0.1179	0.1179
promedio $\nu$	0.1179	

FUENTE: Propia

Para el concreto patrón se obtuvo un módulo de elasticidad de acuerdo al ensayo de 116142.831 kg/m<sup>3</sup> y según lo mencionado en el ACI se obtiene un módulo de elasticidad de 237860.50 kg/m<sup>3</sup> y la razón de poisson obtenida mediante el ensayo es de 0.1179.

Tabla N°35: Resultado de modulo de elasticidad y razón de poisson del concreto con reemplazo del 15% del agregado grueso por Tecnopor

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRON 210 kg/cm <sup>2</sup> CON TECNOPOR 15%	
	Muestra 1	Muestra 2
Muestra		
$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	231.30	252.46
$\sigma_u$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	241.88	
Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	92.52	100.98
Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	5.38169	5.82850
$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S2)	0.000860	0.000866
$\epsilon$ Unitaria Transv	0.00009697	0.00010325
$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	107633.792	116569.981
Promedio $E_c$ (experimental) Kg/cm <sup>2</sup>	112101.886	
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup>	2227.70	
$E_c$ (ACI 318) Kg/cm <sup>2</sup>	228934.04	
$\nu$	0.1128	0.1192
promedio $\nu$	0.1160	

FUENTE: Propia

Para el concreto patrón se obtuvo un módulo de elasticidad de acuerdo al ensayo de 112101.886 kg/m<sup>3</sup> y según lo mencionado en el ACI se obtiene un módulo de elasticidad de 228934.04 kg/m<sup>3</sup> y la razón de poisson obtenida mediante el ensayo es de 0.1160.

## Análisis de una estructura

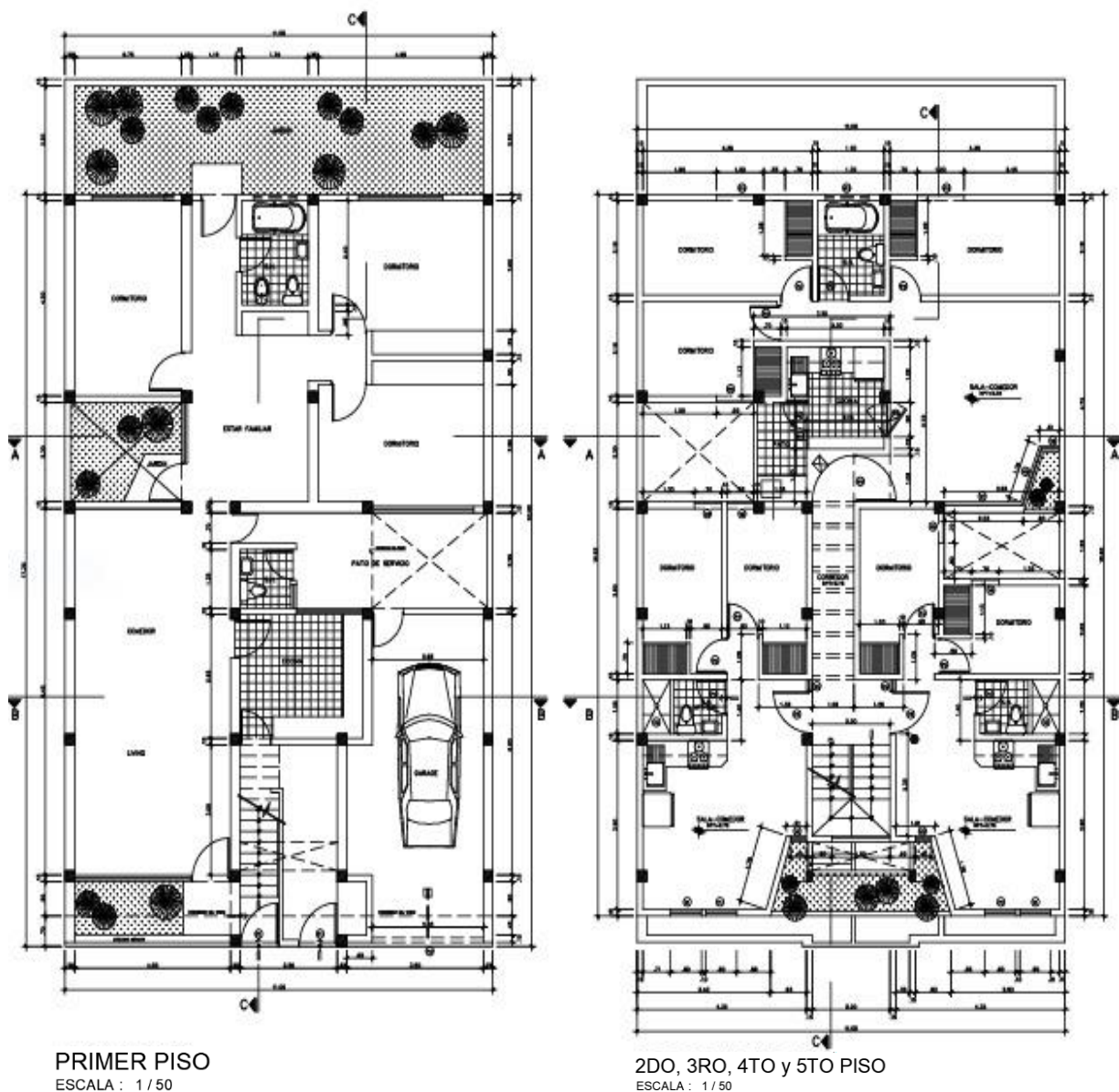
### Descripción del proyecto

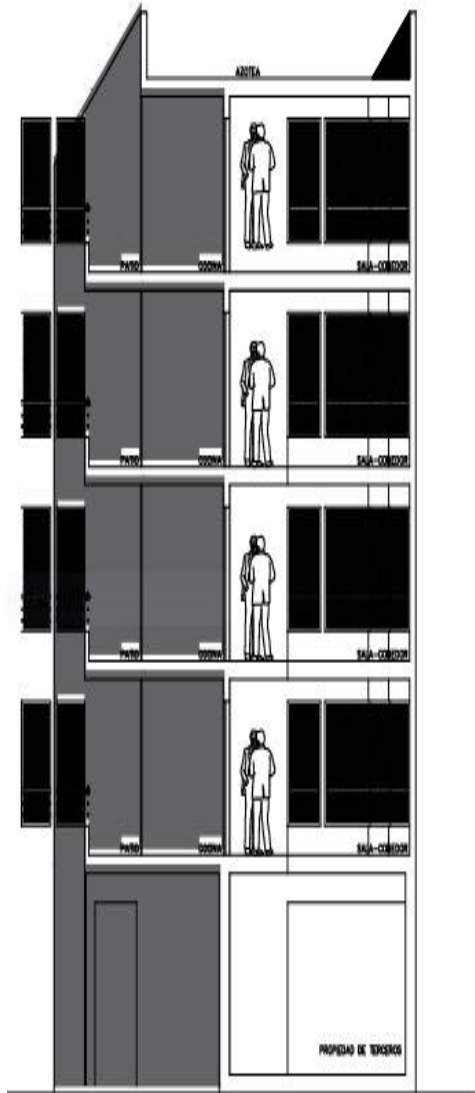
La estructura a analizar consiste en un edificio de 5 pisos destinado a vivienda multifamiliar, el terreno tiene un área de 220 m<sup>2</sup>, la cual 190.85 m<sup>2</sup> es el área destinada a la edificación.

Este cuenta con un frente de 11 m y un fondo de 20 metros.

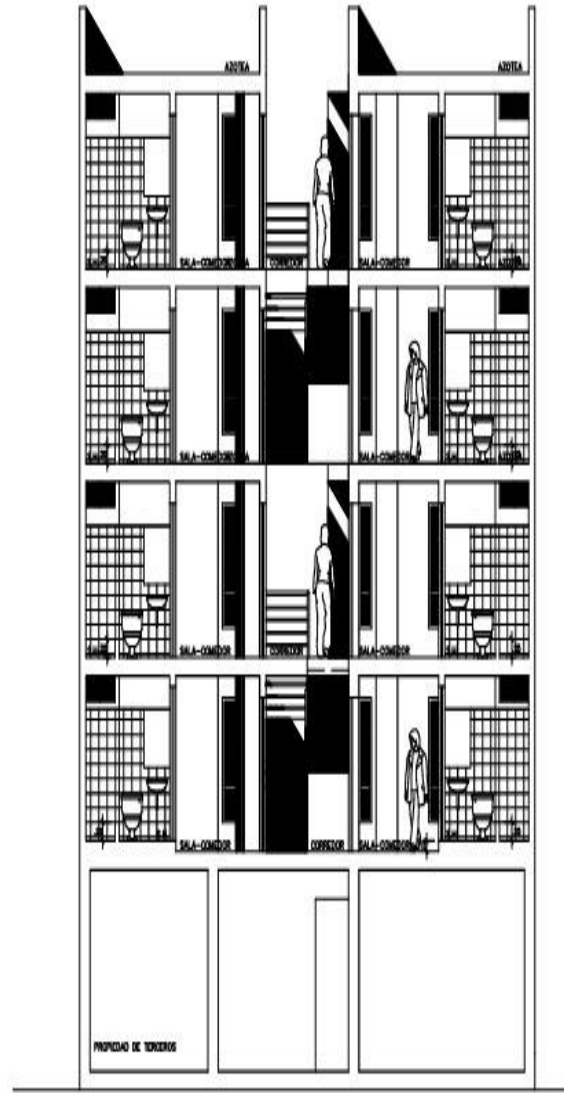
El edificio consta de 1 departamento en el primer piso y dos departamentos en el segundo, tercer, cuarto y quinto nivel.

*Figura N°43: distribución arquitectónica*





CORTE A-A  
ESCALA: 1/50



CORTE B-B  
ESCALA: 1/50

*FUENTE: Propia*

## Normas y especificaciones

### Normas empleadas en el diseño

- Norma E 020 Cargas
- Norma E 030 Diseño sismo resistente
- Norma E 060 Concreto armado

### Especificaciones de los materiales empleados

#### Concreto armado patrón

##### Elementos estructurales

- ❖ Resistencia nominal a la compresión ( $f'c$ ): 312.12 kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Módulo de elasticidad ( $E_c$ ): 265003.77 kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Módulo de Poisson ( $\nu$ ): 0.1274

#### Concreto armado con 15% de Tecnopor

##### Elementos estructurales

- ❖ Resistencia nominal a la compresión ( $f'c$ ): 244.74 kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Módulo de elasticidad ( $E_c$ ): 228934.04 kg/cm<sup>2</sup>
- ❖ Módulo de Poisson ( $\nu$ ): 0.1160

## Estructuración

Para la estructuración, se consideró disminuir la visibilidad de los puntos de las columnas y las vigas. En cuanto a la dirección de la losa aligerada, se pensó inicialmente en colocarla en la dirección de menor luz por razones económicas. Sin embargo, debido a que la diferencia en ambos sentidos no era significativa, se optó por la dirección que ofrece un mejor comportamiento estructural. Se dispusieron vigas chatas debajo de los muros de tabiquería paralelos a la dirección de la losa aligerada. Dado que es una edificación de 5 pisos, se prevé la necesidad de muros, los cuales fueron colocados manteniendo la simetría y la compensación entre ellos.

## Predimensionamiento

Las dimensiones de los elementos obtenidos solo son medidas iniciales, ya que estos pueden sufrir variaciones durante el análisis.

### **Predimensionamiento de columnas:**

Según el capítulo 21 de la norma peruana E060 nos indica lo siguiente:

- La dimensión menor de la sección transversal, medida en cualquier línea recta que pase por su centroide geométrico, no debe ser menor de 25 cm.

$$h > 250mm$$

- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la perpendicular no debe ser menor que 0,25.

$$\frac{S}{T} \geq 0.25$$

Según lo mencionado por el ACI-318, el área de las columnas deberá calcularse de acuerdo a la siguiente formula:

$$Area\ de\ Columna = \frac{P(Servicio)}{factor * f'c}$$

Para el factor se considera 0.35 si son columnas excéntricas y esquinadas.  
Para columnas centradas el factor es de 0.45.

A carga de servicio ( $P_s$ ) se calcula con la siguiente formula:

$$P_s = P_u * A_t * n$$

$P_s$  = Carga de Servicio  
 $A_t$  = Área Tributaria  
 $n$  = Número de Niveles:  
 $P_u$  = Peso Unitario

El peso unitario en edificaciones comunes se considera 1.0 tn/m<sup>2</sup> y para edificaciones especiales es 1.5 tn/m<sup>2</sup>.

Con lo mencionado se optó por considerar columnas de 25cm x 25cm y de 30cm x 30cm.

Tabla N°36: Predimensionamiento de columnas

SEGÚN EL PROYECTO						SEGÚN ACI -318			SEGÚN BLANCO BLAS.			SECCION ESCOGIDA		SEGÚN E.0.60		
Descripción		At(m2)	P. Unit.	Ps	Condición	S.t	t	s	S.t	t	s	s	t	S/T≥0.25		
6	C-1	A1	3.90	1000	19500.00	Columnas Excentricas	265.31	17.00	17.00	243.75	16.00	16.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A2	7.50	1000	37500.00	Columnas Excentricas	510.20	23.00	23.00	468.75	22.00	22.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A2'	9.30	1000	46500.00	Columnas Excentricas	632.65	26.00	26.00	581.25	25.00	25.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A3	5.70	1000	28500.00	Columnas Excentricas	387.76	20.00	20.00	356.25	19.00	19.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
5	CI	A5	4.07	1000	20350.00	Columnas Excentricas	276.87	17.00	17.00	254.38	16.00	16.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	CI	A6	9.51	1000	47550.00	Columnas Centradas	503.17	23.00	23.00	594.38	25.00	25.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	CI	A7	13.75	1000	68750.00	Columnas Centradas	727.51	27.00	27.00	859.38	30.00	30.00	30.00	30.00	1	VERDADERO
	CI	A8	8.43	1000	42150.00	Columnas Centradas	446.03	22.00	22.00	526.88	23.00	23.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
4	C-1	A9	2.87	1000	14350.00	Columnas Excentricas	195.24	14.00	14.00	179.38	14.00	14.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A10	3.73	1000	18650.00	Columnas Centradas	197.35	15.00	15.00	233.13	16.00	16.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A11	5.81	1000	29050.00	Columnas Centradas	307.41	18.00	18.00	363.13	20.00	20.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-1	A12	5.57	1000	27850.00	Columnas Centradas	294.71	18.00	18.00	348.13	19.00	19.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-4	A13	3.60	1000	18000.00	Columnas Excentricas	244.90	16.00	16.00	225.00	15.00	15.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
3	C-5	A14	6.02	1000	30090.00	Columnas Excentricas	409.39	21.00	21.00	376.13	20.00	20.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-6	A15	9.36	1000	46800.00	Columnas Centradas	495.24	23.00	23.00	585.00	25.00	25.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-7	A16	8.22	1000	41100.00	Columnas Centradas	434.92	21.00	21.00	513.75	23.00	23.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-8	A17	6.60	1000	33000.00	Columnas Centradas	349.21	19.00	19.00	412.50	21.00	21.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
2	C-10	A19	6.80	1000	34000.00	Columnas Excentricas	462.59	22.00	22.00	425.00	21.00	21.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-11	A20	9.13	1000	45650.00	Columnas Centradas	483.07	22.00	22.00	570.63	24.00	24.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-12	A21	9.38	1000	46900.00	Columnas Centradas	496.30	23.00	23.00	586.25	25.00	25.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-13	A22	3.04	1000	15175.00	Columnas Excentricas	206.46	15.00	15.00	189.69	14.00	14.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
1	C-15	A24	3.82	1000	19100.00	Columnas Excentricas	259.86	17.00	17.00	238.75	16.00	16.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-16	A25	3.85	1000	19250.00	Columnas Excentricas	261.90	17.00	17.00	240.63	16.00	16.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-17	A26	4.50	1000	22500.00	Columnas Excentricas	306.12	18.00	18.00	281.25	17.00	17.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
	C-18	A27	3.40	1000	17000.00	Columnas Excentricas	231.29	16.00	16.00	212.50	15.00	15.00	25.00	25.00	1	VERDADERO
							27.00	27.00		30.00	30.00					

FUENTE: Propia

### Predimensionamiento de vigas:

Para el predimensionamiento de las vigas se siguieron los parámetros de la norma peruana E060, la cual menciona en el capítulo 21 lo siguiente:

La fuerza amplificada de compresión axial en el elemento,  $P_u$ , no debe exceder  $0.1 f'c Ag$ .

La luz libre del elemento  $l_n$  no debe ser menor que cuatro veces su peralte.

El ancho del elemento,  $b_w$ , no debe ser menor que 0.25 veces el peralte, ni de 250mm

El peralte de la viga para edificaciones comunes deberá ser no mayor a la luz entre 12.

Tabla N°37: Predimensionamiento de vigas dirección x-x

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS - PRIMER NIVEL										
Vigas X-X							REQUISITOS			
VIGAS X-X		LUZ (m)	h=L/12 (m)	b=h/2	PERALTE	BASE	L≥4h	CONDICIÓN	bw≥0,25h	CONDICIÓN
EJE	ENTRE				h	b				
6	A-B	2.75	0.23	0.11	0.35	0.25	0.917	cumple	0.057	cumple
	B-C	3	0.25	0.13	0.35	0.25	1.000	cumple	0.063	cumple
	C-D	4.25	0.35	0.18	0.35	0.25	1.417	cumple	0.089	cumple
5	A-B	2.75	0.23	0.11	0.35	0.25	0.917	cumple	0.057	cumple
	B-C	3	0.25	0.13	0.35	0.25	1.000	cumple	0.063	cumple
4	A-B	2.75	0.23	0.11	0.35	0.25	0.917	cumple	0.057	cumple
	B-B'	1	0.08	0.04	0.35	0.25	0.333	cumple	0.021	cumple
	B'-C	1.75	0.15	0.07	0.35	0.25	0.583	cumple	0.036	cumple
	C-C'	1.15	0.10	0.05	0.35	0.25	0.383	cumple	0.024	cumple
	C'-E	2.85	0.24	0.12	0.35	0.25	0.950	cumple	0.059	cumple
3	A-B'	4	0.33	0.17	0.35	0.25	1.333	cumple	0.083	cumple
	B'-C'	3.15	0.26	0.13	0.35	0.25	1.050	cumple	0.066	cumple
	C'-E	2.85	0.24	0.12	0.35	0.25	0.950	cumple	0.059	cumple
2	A-B'	4	0.33	0.17	0.35	0.25	1.333	cumple	0.083	cumple
	B'-C'	3.15	0.26	0.13	0.35	0.25	1.050	cumple	0.066	cumple
	C'-E	2.85	0.24	0.12	0.35	0.25	0.950	cumple	0.059	cumple
1	A-B'	4	0.33	0.17	0.35	0.25	1.333	cumple	0.083	cumple
	B'-C'	2.7	0.23	0.11	0.35	0.25	0.900	cumple	0.056	cumple
	C'-E	3.5	0.29	0.15	0.35	0.25	1.167	cumple	0.073	cumple

FUENTE: Propia

Tabla N°38: Predimensionamiento de vigas dirección y-y

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS - PRIMER NIVEL										
Vigas Y-Y							REQUISITOS			
VIGAS Y-Y		LUZ (m)	h=L/12 (m)	b=h/2	PERALTE	BASE	L $\geq$ 4h	CONDICION	bw $\geq$ 0,25h	CONDICION
EJE	ENTRE				h	b				
A	6-5	4.3	0.36	0.18	0.35	0.25	1.433	cumple	0.090	cumple
	4-5	2.3	0.19	0.10	0.35	0.25	0.767	cumple	0.048	cumple
	4-3	2.2	0.18	0.09	0.35	0.25	0.733	cumple	0.046	cumple
	3-2	2.65	0.22	0.11	0.35	0.25	0.883	cumple	0.055	cumple
	2-1	2.9	0.24	0.12	0.35	0.25	0.967	cumple	0.060	cumple
B	6-5	4.3	0.36	0.18	0.35	0.25	1.433	cumple	0.090	cumple
	4-5	2.3	0.19	0.10	0.35	0.25	0.767	cumple	0.048	cumple
B'	4-3	4.05	0.34	0.17	0.35	0.25	1.350	cumple	0.084	cumple
	3-2	4.78	0.40	0.20	0.35	0.25	1.593	cumple	0.100	cumple
	2-1	2.52	0.21	0.11	0.35	0.25	0.840	cumple	0.053	cumple
C	6-5	4.3	0.36	0.18	0.35	0.25	1.433	cumple	0.090	cumple
	4-5	2.3	0.19	0.10	0.35	0.25	0.767	cumple	0.048	cumple
C'	4-3	2.2	0.18	0.09	0.35	0.25	0.733	cumple	0.046	cumple
	3-2	2.65	0.22	0.11	0.35	0.25	0.883	cumple	0.055	cumple
	2-1	2.9	0.24	0.12	0.35	0.25	0.967	cumple	0.060	cumple
E	6-5	4.3	0.36	0.18	0.35	0.25	1.433	cumple	0.090	cumple
	4-5	2.3	0.19	0.10	0.35	0.25	0.767	cumple	0.048	cumple
	4-3	2.2	0.18	0.09	0.35	0.25	0.733	cumple	0.046	cumple
	3-2	2.65	0.22	0.11	0.35	0.25	0.883	cumple	0.055	cumple
	2-1	2.9	0.24	0.12	0.35	0.25	0.967	cumple	0.060	cumple

FUENTE: Propia

Tabla N°39: Predimensionamiento de vigas chatas

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS CHATAS - PRIMER NIVEL										
Vigas de Chatas X-X							REQUISITOS			
VIGAS X-X		LUZ (m)	h=L/16 (m)	b=h/2	PERALTE	BASE	L $\geq$ 4h	CONDICION	bw $\geq$ 0,25h	CONDICION
EJE	ENTRE				h	b				
4'	C'-E	2.85	0.18	0.09	0.20	0.15	0.713	cumple	0.045	cumple

FUENTE: Propia

**Predimensionamiento de losas:**

Según la norma peruana E060 se realizó el predimensionamiento con el apoyo de la siguiente tabla.

Tabla N°40: Peraltes o espesores mínimos de losas

<b>TABLA 9.1</b>				
<b>PERALTES O ESPESORES MÍNIMOS DE VIGAS NO PREESFORZADAS O LOSAS REFORZADAS EN UNA DIRECCIÓN A MENOS QUE SE CALCULEN LAS DEFLEXIONES</b>				
	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Notas:

Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal (alrededor de 2300 Kg/m<sup>3</sup>) y refuerzo con  $f_y$  igual a 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:

(a) Para concreto liviano estructural con densidad dentro del rango de 1450 a 1900 Kg/m<sup>3</sup>, los valores de la tabla deben multiplicarse por  $(1,65 - 0,0003 w_c)$ , pero no menos de 1,09

(b) Para  $f_y$  distinto de 420 MPa, los valores de la Tabla deben multiplicarse por  $(0,4 + f_y / 700)$ .

FUENTE: E060

Tabla N°41: Predimensionamiento de losas

LOSA ALIGERADA EN UNA DIRECCIÓN				
TECHO 1° PISO				
N° PAÑO	Longitud	Condición de contorno	H. calc.	h elegido (m)
1	2.75 m	Con un extremo continuo	0.149 m	0.20
2	3.00 m	Con un extremo continuo	0.162 m	
3	4.25 m	Ambos extremos continuos	0.202 m	
4	2.30 m	Ambos extremos continuos	0.110 m	
5	2.20 m	Ambos extremos continuos	0.105 m	
6	2.20 m	Ambos extremos continuos	0.105 m	
7	2.65 m	Ambos extremos continuos	0.126 m	
8	2.65 m	Ambos extremos continuos	0.126 m	
9	2.65 m	Ambos extremos continuos	0.126 m	
10	2.90 m	Ambos extremos continuos	0.138 m	
11	2.90 m	Ambos extremos continuos	0.138 m	
voladizo				
12	1.40 m	voladizo	0.175 m	0.2
13	1.40 m	voladizo	0.175 m	

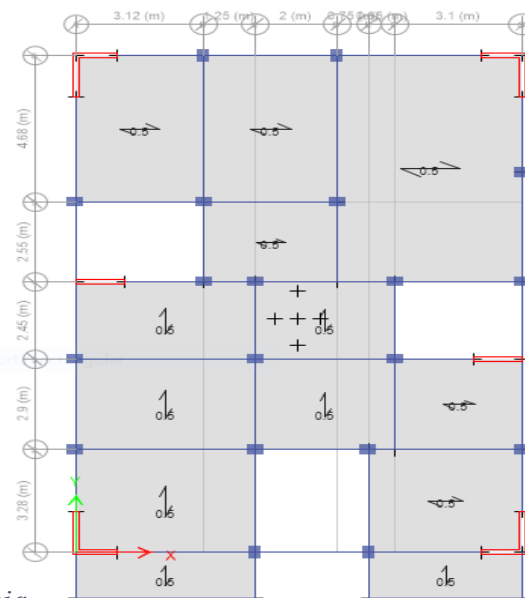
FUENTE: Propia

## Cargas consideradas

### Para concreto patrón experimental (Cargas Muertas por 1m<sup>2</sup>)

Figura N°45: cargas asignadas para estructura de concreto patrón

Ladrillo		
Cantidad de ladrillos	8.33 Und	
Peso de ladrillo	7.8 Kg	
Peso de ladrillo en un m <sup>2</sup> de losa	64.974 Kg	
Concreto armado		
Losa e=0.05	0.05 m <sup>3</sup>	
V-verticales	0.045 m <sup>3</sup>	
peso m <sup>3</sup>	2401.24 kg/m <sup>3</sup>	
Peso total en 1m <sup>2</sup> de losa	228.1178 kg	
Peso total de la losa una dirección	300 Kg/m <sup>2</sup>	



FUENTE: Propia

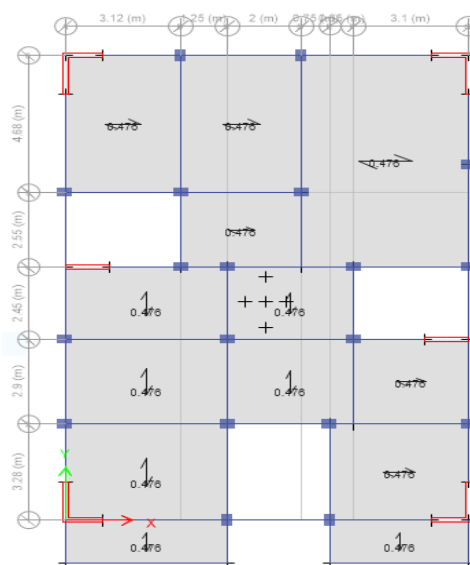
Peso propio de la Estructura + Carga permanente adicional  
Acabados = 200 Kgf/m<sup>2</sup>

Losa aligerada (e=0.20m) = 300 Kgf/m<sup>2</sup>

### Para concreto con 15% de Tecnopor (Cargas Muertas por 1m<sup>2</sup>)

Figura N°46: cargas asignadas para estructura de concreto con 15% de Tecnopor

Ladrillo		
Cantidad de ladrillos	8.33 Und	
Peso de ladrillo	7.8 Kg	
Peso de ladrillo en un m <sup>2</sup> de losa	64.974 Kg	
Concreto armado		
Losa e=0.05	0.05 m <sup>3</sup>	
V-verticales	0.045 m <sup>3</sup>	
peso m <sup>3</sup>	2227.7 kg/m <sup>3</sup>	
Peso total en 1m <sup>2</sup> de losa	211.6315 kg	
Peso total de la losa una dirección	276.6055 Kg/m <sup>2</sup>	



FUENTE: Propia

### Peso propio de la Estructura + Carga permanente adicional

Acabados = 200 Kgf/m<sup>2</sup>

Losa aligerada (e=0.20m) = 276 Kgf/m<sup>2</sup>

Tabla N°42: Peso propio de albañilería

MATERIALES	PESO kN/m <sup>3</sup> (Kgf/m <sup>3</sup> )
Albañilería de:	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18,0 (1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13,5 (1350)

FUENTE: Propia

Tabla N°43: Peso propio de losa aligerada

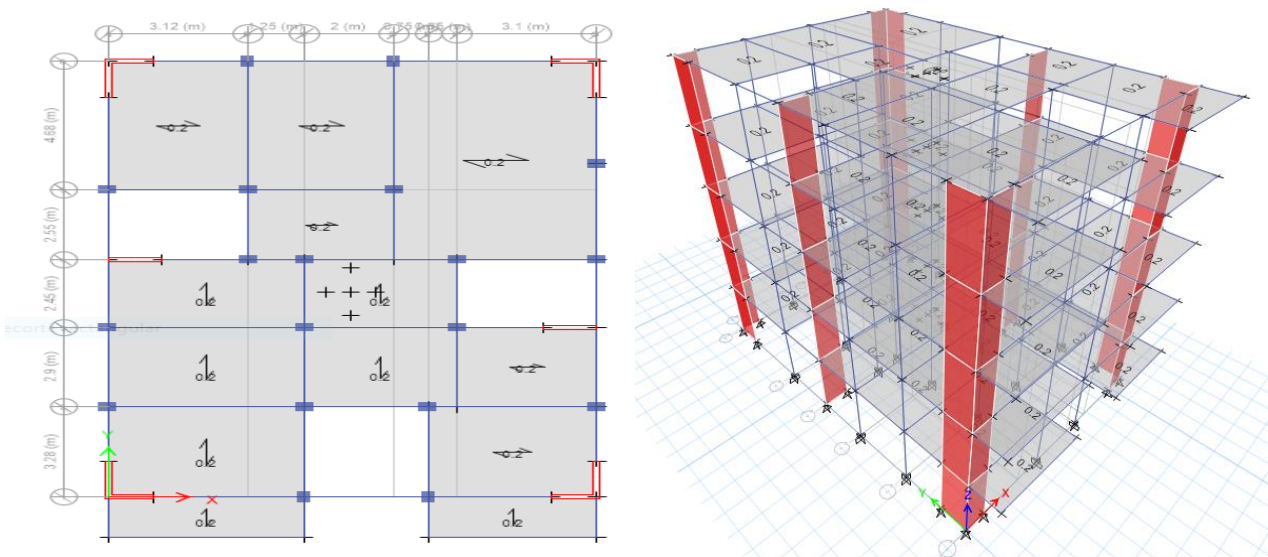
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

FUENTE: Propia

### Sobrecarga de uso en vivienda

- Ambientes en general = 200 Kgf/m<sup>2</sup> (E020 Artículo 6.1)
- Azotea = 100 Kgf/m<sup>2</sup>

Figura N°47: sobrecargas asignadas para las estructuras



FUENTE: Propia

## Análisis sísmico

### Parámetros sísmicos

El análisis sísmico se realizó teniendo en cuenta la norma peruana E030, en la cual se mencionan los parámetros sísmicos. Estos valores van a depender de las características del proyecto y de la zona donde se ubicará.

Estos valores son Z,U,C,S, en la cual Z representa la zona, U representa el uso que se le va a dar a la edificación, C representa el incremento de aceleración de acuerdo al periodo de aceleración y S es el factor del suelo.

El valor de C depende del periodo de la edificación (T) y el periodo de vibración del suelo ( $T_p$ ) según la expresión dada en la norma:

$$\begin{array}{ll}
 T < T_p & C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & C = 2.5 \times \left( \frac{T_p}{T_L} \right) \\
 T > T_L & C = 2.5 \times \left( \frac{T_p \times T_L}{T^2} \right)
 \end{array}$$

El factor de uso (U) se relaciona al grado de importancia de la estructura y R es el coeficiente de reducción sísmica, permitiendo incursionar en el rango inelástico, este valor depende del sistema estructural usado, inicialmente se asume el posible R y luego se comprobará este valor. Para las 2 estructuraciones de la vivienda multifamiliar analizada se usó los siguientes valores:

- Factor de Zona:  $Z = 0.45$  (zona 4)
- Perfil de suelo: S2 (suelo Intermedio)
- Periodo de Vibración del Suelo:  $T_p = 0.60$  seg.
- Factor de Ampliación del Suelo:  $S = 1.05$
- Factor de Usos:  $U = 1$  (edificación común)
- Coeficiente de reducción sísmica:  $R=6$

*Tabla N°44: Parametros sismicos*

DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
Factor de Zona	Z= 0.45	Factor de Zona	Z= 0.45
Factor de uso	U= 1.00	Factor de uso	U= 1.00
Factor de suelo	S= 1.05 Tp= 0.6 TL=2.00	Factor de suelo	S= 1.05 Tp= 0.6 TL=2.00
Coefficiente de amplificación sísmica	C=2.5	Coefficiente de amplificación sísmica	C=2.5
Factor básico de reducción por ductilidad	Ro= 6	Factor básico de reducción por ductilidad	Ro= 6
Factores de irregularidad	Ia= 1 Ip= 0.9	Factores de irregularidad	Ia= 1 Ip= 0.9
Factor de reducción por ductilidad	$R=Ro \cdot Ia \cdot Ip=$ 5.4	Factor de reducción por ductilidad	$R=Ro \cdot Ia \cdot Ip=$ 5.5

FUENTE: Propia

Tabla N°44.1: Sistema estructural  $Ro=6$

VDX=	93.0 Tn
	VDX (TON)
VPLACA	71.3 Tn
VCOLUMNA	21.7 Tn
%PLACA	76.6 %
%COLUMNA	23.4 %

VDY=	87.9 Tn
	VDY (TON)
VPLACA	71.7 Tn
VCOLUMNA	16.2 Tn
%PLACA	81.6 %
%COLUMNA	18.4 %

- Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.
- Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.
- Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20 % y menor que 70 % del cortante en la base del edificio.
- Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se

FUENTE: Propia

Figura N°48: Espectro del proyecto



FUENTE: Propia

## Análisis de concreto patrón experimental

Masa sísmicaF'c 312 Kg/cm<sup>2</sup>

Tabla N°45: Masa sísmica de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	m	m	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	m	m	m	m
Story1	D1	14.84908	14.849	5.3926	7.4777	14.84908	14.84908	5.3926	7.4777	5.4733	7.7263
Story2	D2	14.84908	14.849	5.3926	7.4777	14.84908	14.84908	5.3926	7.4777	5.5046	7.708
Story3	D3	14.84908	14.849	5.3926	7.4777	14.84908	14.84908	5.3926	7.4777	5.5188	7.6717
Story4	D4	14.84908	14.849	5.3926	7.4777	14.84908	14.84908	5.3926	7.4777	5.5257	7.6423
Story5	D5	13.37335	13.373	5.3922	7.4563	13.37335	13.37335	5.3922	7.4563	5.5326	7.6203

FUENTE: Propia

Masa sísmica total=72.7696 tn-s<sup>2</sup>/m área del terreno 152 m<sup>2</sup>Masa sísmica por 1m<sup>2</sup>=(72.7696\*9.81)/152\*5= 0.9393 Tn/m<sup>2</sup>, datos están dentro de parámetroDerivas

Tabla N°46: Derivas x-x de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Story Drifts										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Num	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
								m	m	m
Story5	DERIVA X	LinRespSpec	Max		X	0.004492	37	10.87	-1.45	15
Story4	DERIVA X	LinRespSpec	Max		X	0.005587	37	10.87	-1.45	12
Story3	DERIVA X	LinRespSpec	Max		X	0.006342	37	10.87	-1.45	9
Story2	DERIVA X	LinRespSpec	Max		X	0.00593	37	10.87	-1.45	6
Story1	DERIVA X	LinRespSpec	Max		X	0.002825	54	9.87	0	3

FUENTE: Propia

Tabla N°47: Derivas y-y de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Story Drifts										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Num	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
								m	m	m
Story5	DERIVA Y	LinRespSpec	Max		Y	0.004862	47	0	1.3	15
Story4	DERIVA Y	LinRespSpec	Max		Y	0.005659	47	0	1.3	12
Story3	DERIVA Y	LinRespSpec	Max		Y	0.006082	47	0	1.3	9
Story2	DERIVA Y	LinRespSpec	Max		Y	0.005411	47	0	1.3	6
Story1	DERIVA Y	LinRespSpec	Max		Y	0.002586	47	0	1.3	3

FUENTE: Propia

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión), para sistema muro portante es de 7/1000, como se visualiza en la tabla todos cumple tanto en eje X y Y

**Ratio (irregularidad torsional)**

Tabla N°48: Ratios x-x de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					m	m	
Story5	DERIVA SX+M	LinRespSpec	Max	X	0.01369	0.011186	1.224
Story5	DERIVA SX-M	LinRespSpec	Max	X	0.01457	0.011342	1.285
Story5	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.013475	0.012463	1.081
Story4	DERIVA SX+M	LinRespSpec	Max	X	0.016847	0.014028	1.201
Story4	DERIVA SX-M	LinRespSpec	Max	X	0.017914	0.014159	1.265
Story4	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.016762	0.015577	1.076
Story3	DERIVA SX+M	LinRespSpec	Max	X	0.018951	0.01603	1.182
Story3	DERIVA SX-M	LinRespSpec	Max	X	0.020144	0.016129	1.249
Story3	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.019027	0.017749	1.072
Story2	DERIVA SX+M	LinRespSpec	Max	X	0.017582	0.015095	1.165
Story2	DERIVA SX-M	LinRespSpec	Max	X	0.018673	0.015146	1.233
Story2	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.01779	0.016656	1.068
Story1	DERIVA SX+M	LinRespSpec	Max	X	0.00851	0.007441	1.144
Story1	DERIVA SX-M	LinRespSpec	Max	X	0.008734	0.007219	1.21
Story1	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.008474	0.008021	1.057

FUENTE: Propia

Tabla N°49: Ratios y-y de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					m	m	
Story5	DERIVA SY+M	LinRespSpec	Max	Y	0.014441	0.013629	1.06
Story5	DERIVA SY-M	LinRespSpec	Max	Y	0.014874	0.013521	1.1
Story5	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.014587	0.014165	1.03
Story4	DERIVA SY+M	LinRespSpec	Max	Y	0.016833	0.015904	1.058
Story4	DERIVA SY-M	LinRespSpec	Max	Y	0.017295	0.015769	1.097
Story4	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.016978	0.016508	1.028
Story3	DERIVA SY+M	LinRespSpec	Max	Y	0.018108	0.017129	1.057
Story3	DERIVA SY-M	LinRespSpec	Max	Y	0.018569	0.016977	1.094
Story3	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.018247	0.017759	1.027
Story2	DERIVA SY+M	LinRespSpec	Max	Y	0.016131	0.015278	1.056
Story2	DERIVA SY-M	LinRespSpec	Max	Y	0.016504	0.015136	1.09
Story2	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.016234	0.015819	1.026
Story1	DERIVA SY+M	LinRespSpec	Max	Y	0.007725	0.007317	1.056
Story1	DERIVA SY-M	LinRespSpec	Max	Y	0.007882	0.007246	1.088
Story1	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.007757	0.007567	1.025

FUENTE: Propia

Para mejorar la irregularidad torsional, se ha implementado un enfoque de simetría al colocar las placas, asegurándonos de que ninguna de las relaciones supere 1.3. Este control riguroso nos permite identificar y abordar cualquier torsión significativa en la estructura.

## Masas participativas

Tabla N°50: Masas participativas de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0.53	0.01	0.75	0.00	0.01	0.75	0.00	0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00
Modal	2	0.51	0.76	0.01	0.00	0.77	0.75	0.00	0.00	0.27	0.00	0.28	0.27	0.00
Modal	3	0.39	0.00	0.00	0.00	0.77	0.75	0.00	0.00	0.00	0.74	0.29	0.27	0.74
Modal	4	0.14	0.05	0.09	0.00	0.81	0.85	0.00	0.28	0.17	0.00	0.57	0.44	0.74
Modal	5	0.14	0.09	0.05	0.00	0.90	0.90	0.00	0.16	0.30	0.00	0.73	0.74	0.74
Modal	6	0.10	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00	0.16	0.73	0.74	0.90
Modal	7	0.06	0.06	0.00	0.00	0.96	0.90	0.00	0.00	0.13	0.00	0.73	0.87	0.90
Modal	8	0.06	0.00	0.06	0.00	0.96	0.96	0.00	0.14	0.00	0.00	0.88	0.87	0.90
Modal	9	0.04	0.00	0.00	0.00	0.96	0.96	0.00	0.00	0.00	0.06	0.88	0.87	0.96
Modal	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.99	0.96	0.00	0.00	0.09	0.00	0.88	0.95	0.96
Modal	11	0.04	0.00	0.03	0.00	0.99	0.99	0.00	0.09	0.00	0.00	0.96	0.96	0.96
Modal	12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.99	0.99	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	0.96	0.99
Modal	13	0.02	0.00	0.01	0.00	0.99	1.00	0.00	0.04	0.00	0.00	1.00	0.96	0.99
Modal	14	0.02	0.01	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.04	0.00	1.00	1.00	0.99
Modal	15	0.02	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00

FUENTE: Propia

La primera frecuencia modal fundamental se encuentra en el eje ux con un 0.76% de participación en el modo 2. Seguido de esto, la masa participativa en el eje uy representa un 0.75%, mientras que en el eje RZ, la participación es del 0.74%. Aunque la participación en RZ puede parecer menor, no debe pasarse por alto su importancia en la dinámica estructural global.

## Esfuerzos cortantes en la base (con sismo estático)

Tabla N°51: Cortantes en la base de la estructura analizada con concreto patrón

TABLE: Story Forces											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story5	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-46.1541	0	304.1943	0	-138.4623
Story4	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-87.1518	0	575.2785	0	-399.9179
Story3	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-117.9001	0	778.5917	0	-753.6183
Story2	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-138.399	0	914.1338	0	-1168.8153
Story1	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-148.6484	0	981.9048	0	-1614.7606

TABLE: Story Forces											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story5	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-46.1541	-223.7881	138.4623	0	0
Story4	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-87.1518	-422.5912	399.9179	0
Story3	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-117.9001	-571.6935	753.6183	0
Story2	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-138.399	-671.095	1168.8153	0
Story1	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-148.6484	-720.7958	1614.7606	0

FUENTE: Propia

El esfuerzo cortante estático se produce dentro de una estructura debido a las cargas externas aplicadas, deformando o cortando el material en dirección perpendicular a la carga

## Análisis de concreto con 15% de Tecnopor

### Masa sísmica

Tabla N°52: Masa sísmica de la estructura analizada con concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	m	m	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	m	m	m	m
Story1	D1	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	5.4736	7.7265
Story2	D2	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	5.5048	7.7031
Story3	D3	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	5.519	7.6718
Story4	D4	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	14.04415	14.04415	5.3931	7.4793	5.526	7.6423
Story5	D5	12.67436	12.67436	5.3928	7.4586	12.67436	12.67436	5.3928	7.4586	5.5328	7.6204

FUENTE: Propia

$F'c = 244 \text{ kg/cm}^2$

Área del terreno

152 m<sup>2</sup>

Masa sísmica total = 68.85 tn-s<sup>2</sup>/m

Masa sísmica por 1m<sup>2</sup> = (68.85 \* 9.81) / 152 = 0.88 Tn/m<sup>2</sup>, los datos están dentro de parámetro

### Derivas

Tabla N°53: Derivas x-x de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
							m	m	m
Story5	DERIVA X	LinRespSpecMax		X	0.004666	37	10.87	-1.45	15
Story4	DERIVA X	LinRespSpecMax		X	0.005799	37	10.87	-1.45	12
Story3	DERIVA X	LinRespSpecMax		X	0.006579	37	10.87	-1.45	9
Story2	DERIVA X	LinRespSpecMax		X	0.006152	37	10.87	-1.45	6
Story1	DERIVA X	LinRespSpecMax		X	0.002929	54	9.87	0	3

FUENTE: Propia

Tabla N°54: Derivas y-y de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
							m	m	m
Story5	DERIVA Y	LinRespSpecMax		Y	0.005038	47	0	1.3	15
Story4	DERIVA Y	LinRespSpecMax		Y	0.005859	47	0	1.3	12
Story3	DERIVA Y	LinRespSpecMax		Y	0.006293	45	0	1.3	9
Story2	DERIVA Y	LinRespSpecMax		Y	0.005599	47	0	1.3	6
Story1	DERIVA Y	LinRespSpecMax		Y	0.002674	47	0	1.3	3

FUENTE: Propia

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión), para sistema de muro portante es de 7/100 como se visualiza en la tabla todos cumple tanto en eje X y Y

**Ratio (irregularidad torsional)**

Tabla N°55: Ratios x-x de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					m	m	
Story5	DERIVA SX+MASS+YY	LinRespSpec	Max	X	0.014224	0.011635	1.223
Story5	DERIVA SX-MASS-YY	LinRespSpec	Max	X	0.015126	0.011806	1.281
Story5	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.013999	0.012951	1.081
Story4	DERIVA SX+MASS+YY	LinRespSpec	Max	X	0.017487	0.014572	1.2
Story4	DERIVA SX-MASS-YY	LinRespSpec	Max	X	0.018578	0.014717	1.262
Story4	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.017396	0.01617	1.076
Story3	DERIVA SX+MASS+YY	LinRespSpec	Max	X	0.019659	0.01664	1.181
Story3	DERIVA SX-MASS-YY	LinRespSpec	Max	X	0.02088	0.016751	1.246
Story3	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.019736	0.018414	1.072
Story2	DERIVA SX+MASS+YY	LinRespSpec	Max	X	0.018241	0.015668	1.164
Story2	DERIVA SX-MASS-YY	LinRespSpec	Max	X	0.019356	0.015728	1.231
Story2	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.018455	0.017282	1.068
Story1	DERIVA SX+MASS+YY	LinRespSpec	Max	X	0.008824	0.007719	1.143
Story1	DERIVA SX-MASS-YY	LinRespSpec	Max	X	0.009049	0.007493	1.208
Story1	DERIVA X	LinRespSpec	Max	X	0.008787	0.008319	1.056

FUENTE: Propia

Tabla N°56: Ratios y-y de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					m	m	
Story5	DERIVA SY+MASS+XX	LinRespSpec	Max	Y	0.01496	0.014121	1.059
Story5	DERIVA SY-MASS-XX	LinRespSpec	Max	Y	0.015404	0.014009	1.1
Story5	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.015114	0.014678	1.03
Story4	DERIVA SY+MASS+XX	LinRespSpec	Max	Y	0.017423	0.016463	1.058
Story4	DERIVA SY-MASS-XX	LinRespSpec	Max	Y	0.017895	0.016322	1.096
Story4	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.017576	0.017089	1.028
Story3	DERIVA SY+MASS+XX	LinRespSpec	Max	Y	0.018733	0.017722	1.057
Story3	DERIVA SY-MASS-XX	LinRespSpec	Max	Y	0.019204	0.017563	1.093
Story3	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.018879	0.018376	1.027
Story2	DERIVA SY+MASS+XX	LinRespSpec	Max	Y	0.016688	0.015808	1.056
Story2	DERIVA SY-MASS-XX	LinRespSpec	Max	Y	0.01707	0.01566	1.09
Story2	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.016798	0.016369	1.026
Story1	DERIVA SY+MASS+XX	LinRespSpec	Max	Y	0.007987	0.007567	1.056
Story1	DERIVA SY-MASS-XX	LinRespSpec	Max	Y	0.008147	0.007493	1.087
Story1	DERIVA Y	LinRespSpec	Max	Y	0.008022	0.007826	1.025

FUENTE: Propia

Para mejorar la irregularidad torsional, se ha implementado un enfoque de simetría al colocar las placas, asegurándonos de que ninguna de las relaciones supere el umbral de 1.3. Este control riguroso nos permite identificar y abordar cualquier torsión significativa en la estructura

**Masas participativas**

Tabla N°57: Masas participativas de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0.551	0.0056	0.7457	0	0.0056	0.7457	0	0.2821	0.002	0.0005	0.2821	0.002	0.0005
Modal	2	0.523	0.7606	0.0056	0	0.7662	0.7513	0	0.0021	0.2648	0.001	0.2842	0.2668	0.0016
Modal	3	0.405	0.0011	0.0004	0	0.7673	0.7517	0	0.0001	0.0004	0.741	0.2843	0.2672	0.7425
Modal	4	0.147	0.0473	0.0946	0	0.8347	0.8463	0	0.285	0.1668	0.0002	0.5894	0.434	0.7427
Modal	5	0.146	0.0854	0.0528	0	0.9001	0.899	0	0.1996	0.3008	0.00009021	0.729	0.7348	0.7428
Modal	6	0.104	0.0002	0.0001	0	0.9003	0.8991	0	0.0002	0.0006	0.155	0.7292	0.7354	0.8977
Modal	7	0.066	0.0354	0.0003	0	0.9557	0.9594	0	0.0008	0.1297	0.0001	0.75	0.8651	0.8978
Modal	8	0.064	0.0003	0.0397	0	0.956	0.9591	0	0.1448	0.0007	0.00001097	0.8748	0.8658	0.8978
Modal	9	0.045	0.0001	9.756E-06	0	0.9561	0.9591	0	0.00002488	0.0002	0.0627	0.8748	0.8659	0.9605
Modal	10	0.036	0.0289	0.0007	0	0.985	0.9596	0	0.002	0.089	0.00004202	0.8769	0.9549	0.9606
Modal	11	0.036	0.0007	0.0286	0	0.9857	0.9884	0	0.0877	0.002	1.508E-06	0.9646	0.957	0.9606
Modal	12	0.025	0.00003028	3.723E-06	0	0.9857	0.9884	0	0.00001202	0.0001	0.0296	0.9646	0.957	0.9902
Modal	13	0.024	0	0.0116	0	0.9857	1	0	0.0354	0	2.784E-06	1	0.957	0.9902
Modal	14	0.022	0.0342	0	0	0.9999	1	0	0	0.0428	0.00001751	1	0.9998	0.9902
Modal	15	0.018	0.0001	5.089E-07	0	1	1	0	1.587E-06	0.0002	0.0098	1	1	1

FUENTE: Propia

La primera frecuencia modal fundamental se encuentra en el eje ux con un 0.7606% de participación en el modo 2. Seguido de esto, la masa participativa en el eje uy representa un 0.7457%, mientras que en el eje RZ, la participación es del 0.741% Aunque la participación en RZ puede parecer menor, no debe pasarse por alto su importancia en la dinámica estructural global.

**Esfuerzos cortantes en la base (con sismo estático)**

Tabla N°58: Cortantes en la base de la estructura analizada para concreto con 15% de Tecnopor

TABLE: Story Forces											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story5	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-43.7304	0	288.3203	0	-131.1912
Story4	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-82.4957	0	544.708	0	-378.6782
Story3	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-111.5696	0	736.9987	0	-713.3871
Story2	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-130.9523	0	865.1925	0	-1106.2439
Story1	SEX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-140.6436	0	929.2894	0	-1528.1747

TABLE: Story Forces											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story5	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-43.7304	-212.0601	131.1912	0
Story4	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-82.4957	-400.0566	378.6782	0
Story3	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-111.5696	-541.054	713.3871	0
Story2	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-130.9523	-635.0522	1106.2439	0
Story1	SEY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-140.6436	-682.0513	1528.1747	0

FUENTE: Propia

El esfuerzo cortante estático se produce dentro de una estructura debido a las cargas externas aplicadas, deformando o cortando el material en dirección perpendicular a la carga.

Resumen :

**Propuesta 1 (Concreto patrón):**

$\Sigma$  masa sísmica total: 72.7696 tn-s<sup>2</sup>/m, Masa sísmica 1m<sup>2</sup> : 0.9393 Tn/m<sup>2</sup>

Máximo desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión): 7/1000

Enfoque de simetría para mejorar irregularidades torsionales (uso placa)

Participación de masa en ejes principales: ux: 0.76%, uy: 0.75% RZ: 0.74%

En cuando esfuerzo cortante estático es mayor que la propuesta 2 por la masa sísmica

**Propuesta 2 (Concreto con 15% de Tecnopor):**

$\Sigma$  masa sísmica total: 68.85 tn-s<sup>2</sup>/m, Masa sísmica 1m<sup>2</sup> : 0.88 Tn/m<sup>2</sup>

Máximo desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión) cumple los parámetros: 7/1000

Enfoque de simetría para mejorar irregularidades torsionales (uso placas)

Participación de masa en ejes principales: ux: 0.7606%,uy: 0.7457%, RZ: 0.741%

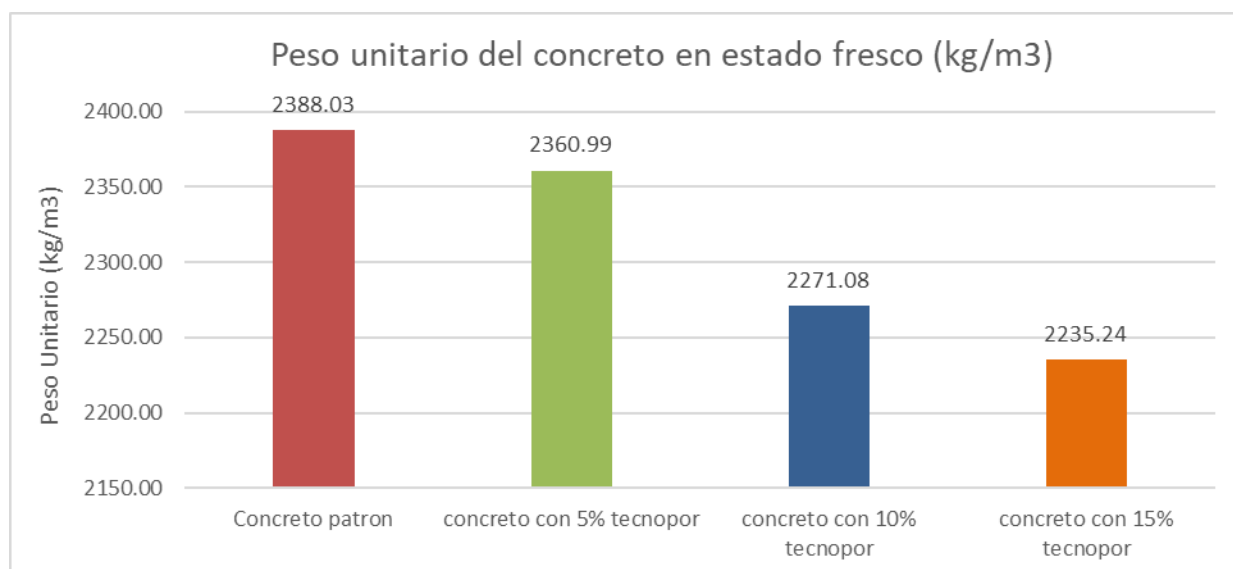
En cuando esfuerzo cortante estático es menor que la propuesta 1 por la masa sísmica

## Análisis de propiedades del concreto:

### Análisis de resultados del peso unitario

Según el objetivo específico, determinar el peso unitario, se pudo conocer la cantidad de concreto ocupa 1m<sup>3</sup> o cualquier volumen deseado, así también podemos conocer la cantidad de materiales que se necesitan para realizar un concreto ya que un concreto con un peso unitario elevado requiere de mayor cantidad de materiales para su composición, mientras que un concreto con menor peso unitario va a requerir de menor cantidad de materiales para su composición.

De acuerdo a los resultados obtenidos los cuales se ven reflejados en la figura N°49, se puede ver que el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor obtuvo un peso unitario de 2360.99 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 1.13% menor que el concreto patron, el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor obtuvo un peso unitario de 2271.08 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 4.90% menor que el concreto patron y el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por tecnopor obtuvo un peso unitario de 2235.24 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 6.40% menor que el concreto patron.

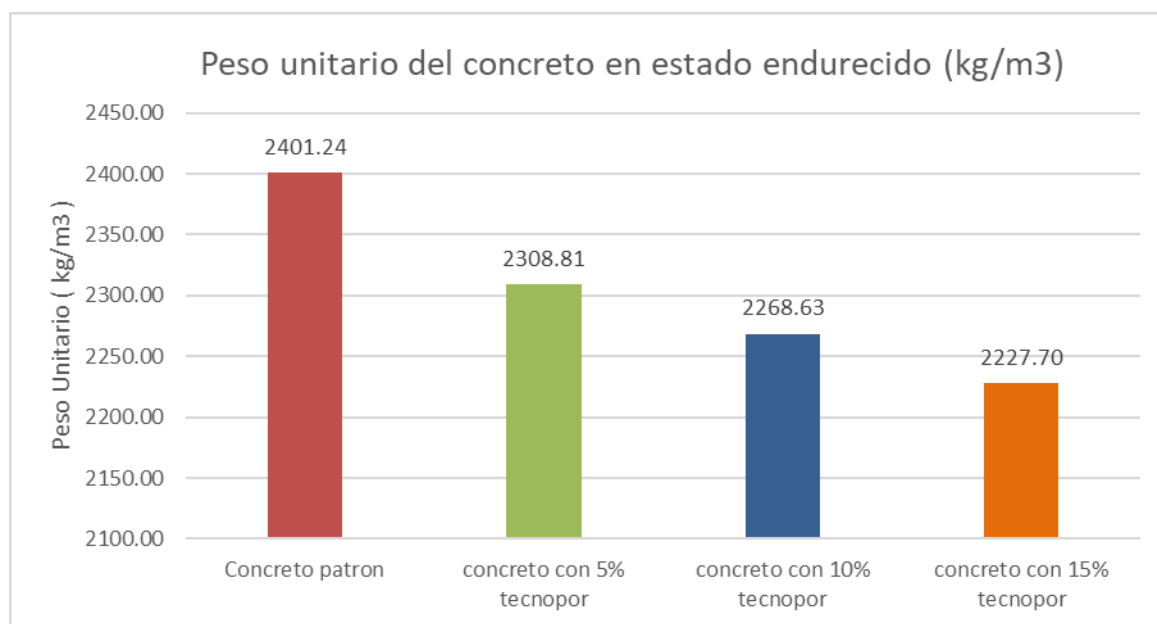


FUENTE: Propia

Con los datos obtenidos podemos afirmar que el peso unitario de los concretos elaborados, tienen una ligera disminución conforme se le va aumentando el reemplazo del agregado grueso por

tecnopor, esto debido a que las partículas de tecnopor añadidas poseen menor peso unitario que el agregado grueso, por eso a mayor porcentaje menor peso tendrá el concreto.

En cuanto al peso unitario del concreto en estado endurecido se obtienen datos similares, los *Figura N°50: Resultados del ensayo de peso unitario en estado endurecido de los concretos* un peso unitario de 2401.24 kg/m<sup>3</sup>, el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor obtuvo un peso unitario de 2308.81 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 3.85% menor que el concreto patrón, el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor obtuvo un peso unitario de 2268.63 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 5.52% menor que el concreto patrón y el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor obtuvo un peso unitario de 2227.70 kg/m<sup>3</sup> siendo este peso 7.23% menor que el concreto patrón.



*FUENTE: Propia*

En comparación con Rathika et al [8], se puede decir que en aquella investigación se logró aligerar más el concreto y que para esa investigación se empleó el 10% y 5% de poliestireno expandido, logrando alcanzar pesos unitarios de 1440 kg/m<sup>3</sup> y 1840 kg/m<sup>3</sup>.

Esta variación de resultados va a depender particularmente de que material es el reemplazante y que componente del concreto es reemplazado.

### **Análisis de resultados de asentamiento (SLUMP)**

Según el objetivo específico determinar el asentamiento del concreto, se pudo conocer la trabajabilidad del concreto, en el cual se buscó llegar a un slump de 3-4" lo cual es ideal para el concreto.

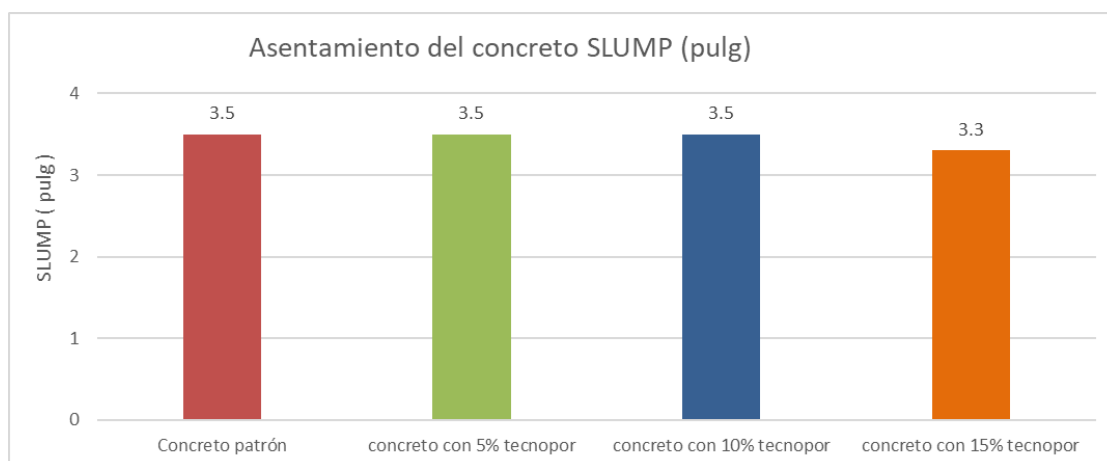
En la figura N°51, se puede observar que para todas las muestras de concreto se trabajó con SLUMP mayor a 3 pulgadas, tal cual fueron diseñados.

Para el concreto patrón, el concreto con 5% y 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor se obtuvo un SLUMP de 3.5 pulgadas y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor se obtuvo un SLUMP de 3.3 pulgadas.

El SLUMP del concreto es muy importante tenerlo en consideración ya que este nos permitirá conocer el grado de trabajabilidad que tiene el concreto, normalmente el SLUMP del concreto debe mantenerse en el rango de 3" y 4".

Para esta investigación se tuvo en consideración todos esos puntos y se pudo lograr el asentamiento esperado, además este ensayo nos permite trabajar con un concreto con una adecuada relación entre el agua y los demás materiales.

*Figura N°51: Asentamiento (SLUMP) de los concretos*



*FUENTE: Propia*

### **Análisis de resultados de resistencia a la compresión**

Según el objetivo específico determinar la resistencia a la compresión del concreto se pudo conocer que los resultados obtenidos muestran que todos los concretos diseñados

$F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, esto se debe a que se usó un  $f'cr= 294$  kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, se puede observar que la resistencia a la compresión va disminuyendo conforme el reemplazo es mayor, así pues en la Figura N°52 se tiene que el concreto patrón logra una resistencia a la compresión a los 28 días de 312.12 kg/cm<sup>2</sup>, siendo esta resistencia el 148.6% de lo requerido, así pues el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a la compresión a los 28 días de 276.62 kg/cm<sup>2</sup>, siendo esta resistencia el 131.7% de lo requerido, también se obtuvo que el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a la compresión a los 28 días de 252.39 kg/cm<sup>2</sup>, siendo esta resistencia el 120.2% de lo requerido y el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logro una resistencia a la compresión a los 28 días de 244.74 kg/cm<sup>2</sup>, siendo esta resistencia el 116.5% de lo requerido.

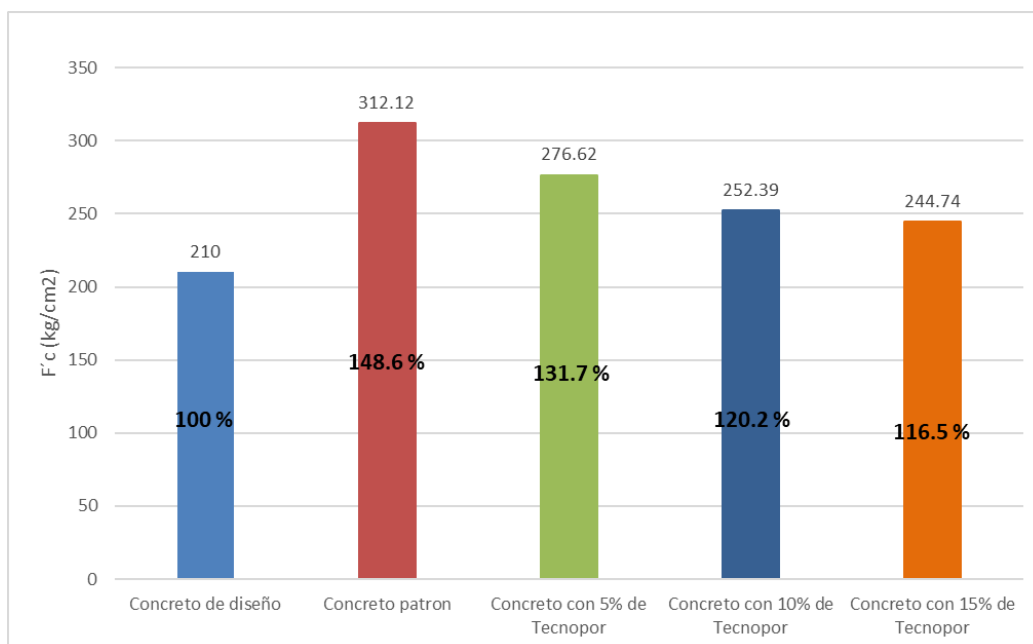
Según los resultados obtenidos se pudo conocer que conforme el reemplazo del agregado grueso por Tecnopor aumenta, la resistencia disminuye, esto se debe tener en cuenta ya que muchas veces no se diseña con n adecuado factor de seguridad y se puede obtener concretos de baja resistencia, sin embargo, cuando se aplica un correcto factor de seguridad, se puede aplicar este concreto sin problema, además que brindara menor peso a las estructuras.

En comparación con Usua and Jaime [12], quienes obtuvieron una resistencia a la compresión de 294.44 kg/cm<sup>2</sup>, 290.45 kg/cm<sup>2</sup>, 281.10 kg/cm<sup>2</sup> y 269,54 kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar el agregado grueso por Tecnopor en un 10%, 20% y 30% respectivamente. Podemos concluir que el concreto disminuye su resistencia a medida que se reemplaza mayor porcentaje de Tecnopor.

Por otra parte García and Alex [13], obtuvieron los siguientes resultados al sustituir (Tecnopor) por agregado fino 283 kg/cm<sup>2</sup>, 276 kg/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> , en porcentajes de 0%,10%, 20%, 30%, 40% y 50% respectivamente.

Del mismo modo se denota una caída en la resistencia conforme se aumenta el porcentaje de Tecnopor.

*Figura N°52: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos a los 28 días*



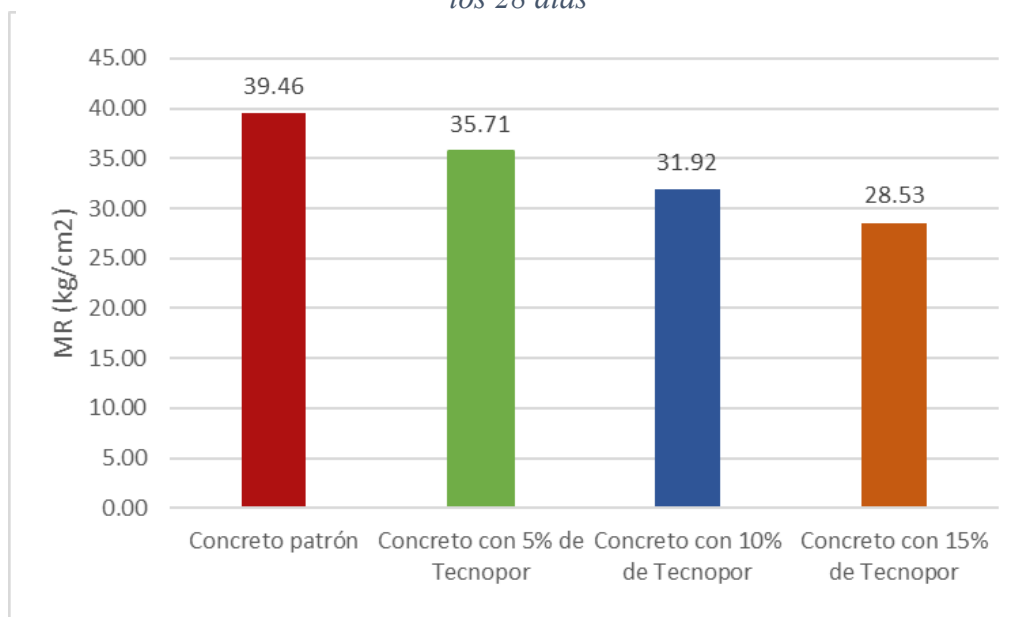
*FUENTE: Propia*

### **Análisis de resultados de resistencia a la flexión**

Según el objetivo específico determinar la resistencia a la flexión del concreto, se obtuvo que el concreto patrón logra una resistencia a la flexión de 39.46 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logra una resistencia a la flexión de 35.71 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 9.5% menos que lo logrado por el concreto patrón, el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logra una resistencia a la flexión de 31.92 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 19.1% menos que lo logrado por el concreto patrón y el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor logra una resistencia a la flexión de 28.53 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 27.7% menos que lo logrado por el concreto patrón

Según los resultados obtenidos se pudo conocer que conforme el reemplazo del agregado grueso por Tecnopor aumenta, la resistencia disminuye, si bien el concreto no trabaja estrictamente a tracción es importante tener en cuenta esta caída de resistencia, ya así se podrá determinar la cantidad de refuerzo necesario.

Figura N°53: Comparación de la resistencia a la flexión de los concretos a los 28 días

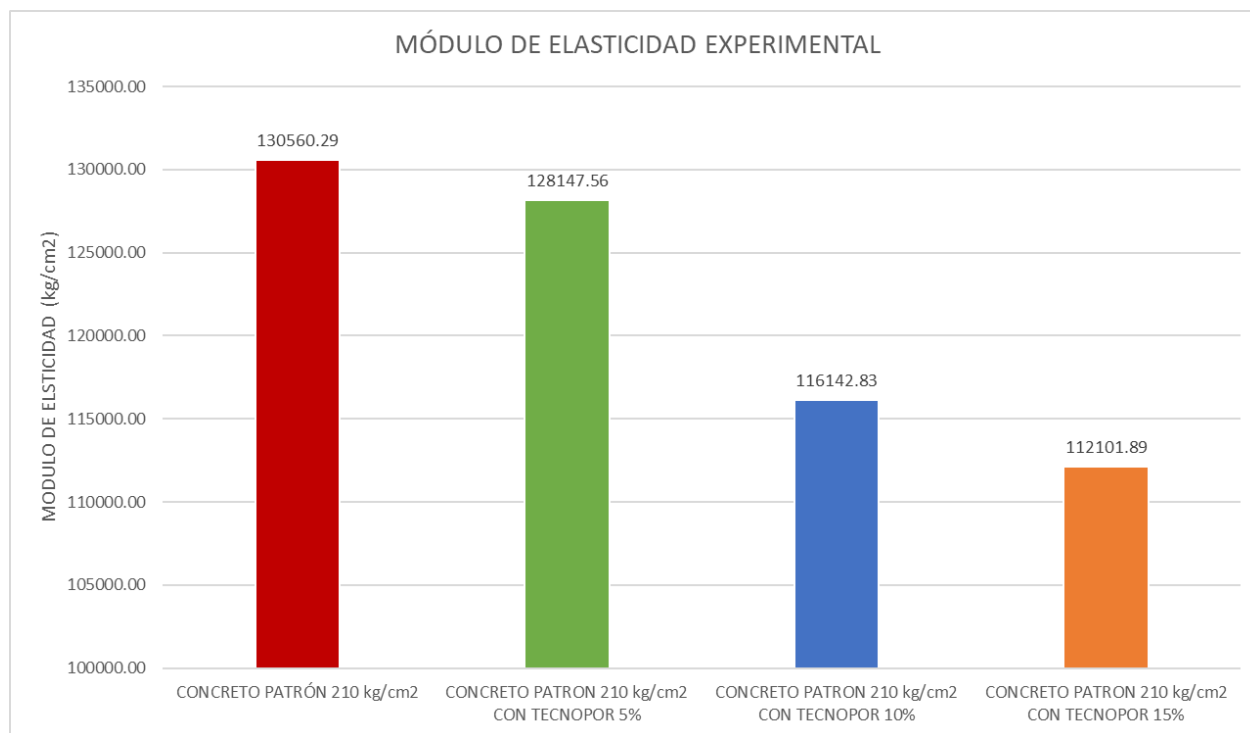


FUENTE: Propia

### Análisis de resultados de modulo de elasticidad y razón de poisson

Los datos del módulo de elasticidad obtenidos en la investigación se muestran en la figura N° 54, en la cual se puede observar que los datos son relativamente menores a los datos obtenidos mediante la formula mencionada en el ACI 318 los cuales se muestran en la figura N°55, esto se debe a que dicha formula esta propuesta para conocer el módulo de elasticidad cuando no se tienen datos experimentales, así que podemos deducir que no siempre los datos obtenidos de módulo de elasticidad mediante dicha formula son los correctos, estos datos de módulo de elasticidad pueden variar e acuerdo al tipo de concreto y a sus características, por otro lado podemos decir que el módulo de elasticidad en esta investigación reduce conforme se le aumenta el reemplazo de agregado grueso por Tecnopor. Así pues, el módulo de elasticidad obtenido para el concreto patrón es 130560.29 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 128147.56 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 116142.83 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 112101.89 kg/cm<sup>2</sup>.

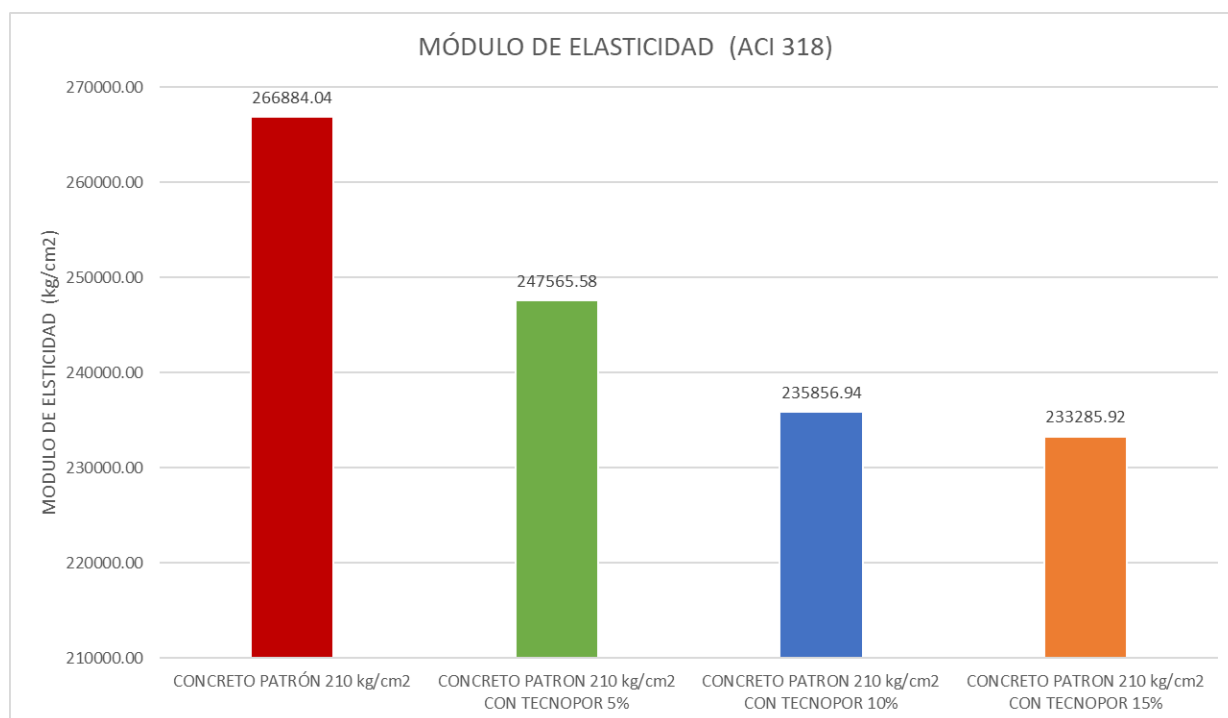
*Figura N°54: Comparación del módulo de elasticidad experimental de los concretos a los 28 días*



*FUENTE: Propia*

Con lo anterior mencionado, podemos decir también que los datos obtenidos según el ACI 318 se obtuvo el módulo de elasticidad para el concreto patrón de 266884.04 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 247565.58 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 235856.94 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 233285.92 kg/cm<sup>2</sup>.

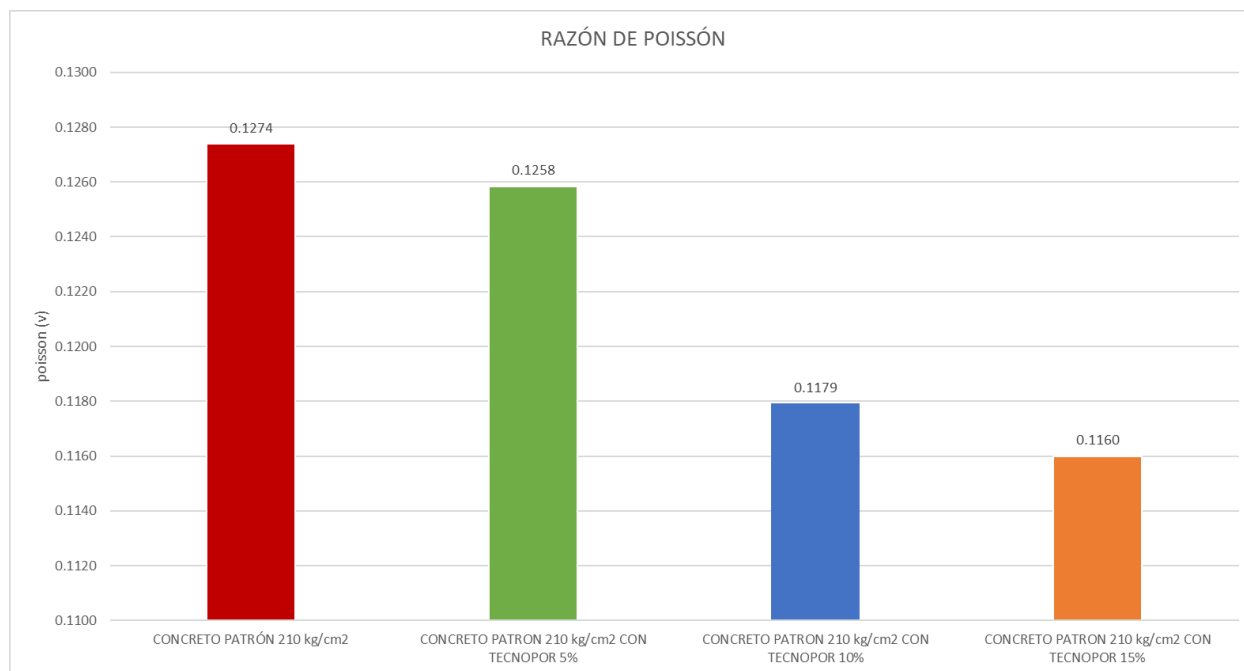
Figura N°55: Comparación del módulo de elasticidad según ACI 318 de los concretos a los 28 días



*FUENTE: Propia*

Para la razón de Poisson se puede ver reflejado en la figura N° 56 que la razón de Poisson también disminuye con el aumento del porcentaje de reemplazo, así pues, se obtuvo que la razón de Poisson para el concreto patrón de 0.1274, para el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1258, para el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1179 y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1160.

*Figura N°56: Comparación de la razón de poisson de los concretos a los 28 días*



*FUENTE: Propia*

### **Análisis estructural lineal para ambas propuestas utilizando una edificación de categoría C según la norma E030**

Ambas propuestas presentan características y méritos distintos que deben ser evaluados cuidadosamente para determinar cuál sería la opción más adecuada en un contexto específico de diseño estructural.

La Propuesta 1, caracterizada por utilizar concreto estándar, exhibe una masa sísmica total de 72.7696 tn-s<sup>2</sup>/m, con una masa sísmica por metro cuadrado de 0.9393 Tn/m<sup>2</sup>. Esto indica una sólida capacidad para resistir fuerzas sísmicas, lo cual es un aspecto fundamental en el diseño de estructuras en áreas sísmicamente activas. Además, el enfoque de simetría para mejorar las irregularidades torsionales mediante el uso de placas es una estrategia efectiva que puede contribuir a la estabilidad global de la estructura. Sin embargo, es importante tener en cuenta

que el esfuerzo cortante estático es mayor en comparación con la Propuesta 2 debido a la mayor masa sísmica. Esto podría traducirse en una distribución de fuerzas menos uniforme en condiciones estáticas, lo cual debe ser considerado en el análisis y diseño detallado.

Por otro lado, la Propuesta 2, que incorpora un 15% de tecnopor en el concreto, presenta una masa sísmica total ligeramente menor de 68,85 tn-s<sup>2</sup>/m, con una masa sísmica por metro cuadrado de 0,88 Tn/m<sup>2</sup>. Aunque la masa sísmica total es menor que en la Propuesta 1, lo que podría indicar una menor capacidad para resistir fuerzas sísmicas, el cumplimiento de los parámetros de máximo desplazamiento relativo de entrepiso indica que la aún es capaz de mantener su integridad y estabilidad durante eventos sísmicos. Además, al igual que la Propuesta 1, se utiliza un enfoque de simetría con el uso de placas para mejorar las irregularidades torsionales, lo que contribuye a la seguridad estructural. Es importante destacar que, a pesar de la masa sísmica menor, el esfuerzo cortante estático también es menor en comparación con la Propuesta 1, lo que sugiere una distribución de fuerzas potencialmente más uniforme en condiciones estáticas

## Conclusiones

- La investigación revela que el Tecnopor puede reducir el peso del concreto, pero su efecto en la resistencia es negativo a medida que se aumenta el porcentaje de reemplazo. Sin embargo, se demostró que un diseño de mezcla adecuado y una dosificación precisa pueden producir un concreto con una resistencia de  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, incluso con un 15% de Tecnopor en lugar de agregado grueso.
- Se llevaron a cabo diseños de mezcla tanto para concreto estándar como para variantes con reemplazos del 5%, 10% y 15% de Tecnopor del agregado grueso. En todos los casos, se garantizó que la resistencia fuera igual o superior a la del concreto estándar, que tenía una resistencia especificada de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Se obtuvo que el peso unitario del concreto con un 5% de reemplazo de Tecnopor por agregado grueso es un 3.85% menor que el del concreto patrón. Para el concreto con un 10% de reemplazo, la reducción es del 5.52%, y para el concreto con un 15% de reemplazo, la reducción asciende al 7.23% en comparación con el concreto patrón.
- El SLUMP obtenido para el concreto patrón y las variantes con reemplazo parcial de agregado grueso por Tecnopor se encuentra en el rango de 3" a 4". Específicamente, tanto el concreto patrón como aquellos con un 5% y un 10% de reemplazo muestran un asentamiento de 3.5 pulgadas, mientras que el concreto con un 15% de reemplazo registra un asentamiento ligeramente menor, de 3.3 pulgadas.
- Se determinó que el concreto patrón exhibió una eficacia en resistencia a la compresión del 148.6% con respecto a la especificación  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Para las variantes con reemplazo de Tecnopor, se observaron eficacias del 131.7% para un 5% de reemplazo, del 120.2% para un 10% de reemplazo y del 116.5% para un 15% de reemplazo de agregado grueso por Tecnopor. Estos resultados indican que todas las mezclas cumplen con la resistencia requerida.

con 10 % de reemplazo de Tecnopor por agregado grueso es 19.1 % menor que el concreto patrón y el peso unitario del concreto con 15 % de reemplazo de Tecnopor por agregado grueso es 27.7 % menor que el concreto patrón.

- El módulo de elasticidad obtenido para el concreto patrón es 130560.29 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 128147.56 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 116142.83 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 112101.89 kg/cm<sup>2</sup>.
- La razón de poisson para el concreto patrón de 0.1274, para el concreto con 5% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1258, para el concreto con 10% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1179 y para el concreto con 15% de reemplazo del agregado grueso por Tecnopor es de 0.1160.
- La resistencia a la flexión que se obtuvo del concreto con 5% de reemplazo de Tecnopor por agregado grueso es 9.5 % menor que el concreto patrón, el peso unitario del concreto
- Ambas propuestas de estructura de concreto han sido analizadas con éxito bajo las condiciones de una edificación de categoría C según la norma E030. Se han cumplido los objetivos específicos establecidos para el análisis estructural lineal, y se han obtenido resultados satisfactorios en términos de masa sísmica, desplazamiento relativo de entrepisos, mitigación de irregularidades torsionales y participación de masa en los ejes principales.
- En cuanto a la masa sísmica, ambas propuestas cumplen con los parámetros establecidos, lo que demuestra que están diseñadas para resistir las fuerzas sísmicas esperadas. El desplazamiento relativo de entrepisos se mantiene dentro del límite del 7/1000 para ambos sistemas, lo que indica que son capaces de mantener la estabilidad durante un evento sísmico. Además, se ha logrado reducir ligeramente la masa total en la segunda propuesta, que incorpora concreto con Tecnopor, lo que puede ofrecer ventajas en términos de eficiencia de materiales o costos de construcción.

## Recomendaciones

- Se recomienda que se siga una correcta dosificación de los materiales para el concreto ya que de esto depende que se logre la resistencia y que funcione cualquier reemplazo experimental que sea objeto de investigación.
- Es necesario que el diseño se trabaje con un SLUMP de 3 – 4 pulgadas ya que esto asegura que el concreto logre la resistencia de diseño, de lo contrario se tendrá mezcla muy fluidas o muy secas.
- Es de vital importancia que se siga realizando ensayos con porcentajes más altos para así evaluar hasta que grado de reemplazo se puede considerar sin que perdamos la resistencia para la cual fue diseñada.

### por durabilidad:

El análisis del diseño de mezclas con criterios de durabilidad evidenció que la baja impermeabilidad del concreto exige incrementar el contenido de cemento y reducir la cantidad de agua, lo que genera una mezcla más seca y con mejor desempeño.

En el concreto patrón, con una relación a/c de 0.566 y una fcr de 294 kg/cm<sup>2</sup>, el contenido de cemento fue de 345.3 kg/m<sup>3</sup>. Sin embargo, al ajustar el diseño para cumplir con los requisitos de durabilidad, la relación a/c se redujo a 0.50, incrementando el contenido de cemento a 386 kg/m<sup>3</sup>.

Un comportamiento similar se observó en el concreto con 15% de sustitución del agregado grueso por tecnopor, donde, a pesar de registrarse un menor peso total de la mezcla, se presentó un mayor consumo de cemento para alcanzar el desempeño requerido.

Por ello, se recomienda que en futuros diseños y estudios se integren siempre los criterios de durabilidad, tomando como referencia las dosificaciones en peso y los parámetros indicados en los Anexos 12, 14, 35 y 36. Cabe precisar que estos resultados corresponden únicamente a la comparación entre el diseño del concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de agregado grueso, sin considerar el análisis estructural, ya que esta investigación se enfocó principalmente en el comportamiento por resistencia.

*Tabla N°59: Comparación de dosificación en resistencia y durabilidad en peso para concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*

DOSIFICACION EN PESO PARA FC=210 KG/CM2 TIPO	CONCRETO PATRON					CONCRETO CON 15% DE TECNOPOR					
	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	TECNOPOR	AGUA	
DISEÑO POR RESISTENCIA	1	2.126	2.667	0.692	lt/bol	1	2.126	2.533	0.00055	0.691	lt/bol
DISEÑO POR DURABILIDAD	1	1.62	2.587	0.608	lt/bol	1	1.62	2.457	0.00053	0.607	lt/bol

Fuente propio

## Referencias

- [1] Asociación Mundial del Cemento y el Hormigón (GCCA), Hoja de ruta de la industria del cemento y el hormigón de la GCCA 2050 para un hormigón neto cero. <https://gccassociation.org/concretefuture/wp-content/uploads/2021/10/GCCA-Concrete-Future-Roadmap.pdf>, 2021 (consultado el 10 de marzo de 2022).
- [2] Jia, Z., Aguiar, J., de Jesus, C., Castro, F., & Cunha, S. (2023). Physical and mechanical properties of lightweight concrete with incorporation of ceramic mold casting waste. *Materialia*, 28(101765), 101765. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2023.101765>
- [3] Kavinkumar, V., Priya, A. K., & Praneeth, R. (2023). Strength of light weight concrete containing fly ash cenosphere. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.094>
- [4] Dabbaghi, F., Yang, T. Y., Tanhadoust, A., Emadi, S. B., Dehestani, M., & Yousefpour, H. (2022). Experimental and numerical investigation on post-fire seismic performance of light weight aggregate reinforced concrete beams. *Engineering Structures*, 268(114791), 114791. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114791>
- [5] del Rey Castillo, E., Almesfer, N., Saggi, O., & Ingham, J. M. (2020). Light-weight concrete with artificial aggregate manufactured from plastic waste. *Construction and Building Materials*, 265(120199), 120199. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120199>
- [6] Civil, E. (s/f). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*. Edu.ec. Recuperado el 18 de septiembre de 2023, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17665/TESIS%20FINALIZADA%20-%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] Peru, E. (2017, noviembre 28). El Tecnopor en la Construcción - Etsa Peru. *Etsa Peru - Lider En Tecnopor*. <https://etsaperu.com.pe/el-tecnopor-en-la-construccion/>
- [8] Rathika, S., Brindha Devi, V., Premkumar, R., Ranjith, P., & Dhilip kumar, R. (2023). Experimental investigation on lightweight concrete by adding polystyrene beads. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.444>
- [9] Zeng, Y., Li, X., Tang, A., Zhao, N., Li, L., & Jia, S. (2023). Axial compressive behavior of basalt and polyacrylonitrile fibers reinforced lightweight aggregate concrete with industrial waste ceramsite-Lytag after freeze-thaw cycles. *Journal of Building Engineering*, 76(107402), 107402. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107402>
- [10] Hussein, Y. M., Elrahman, M. A., Elsakhawy, Y., Tayeh, B. A., & Tahwia, A. M. (2022). Development and performance of sustainable structural lightweight concrete containing waste

clay bricks. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 4344–4359. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.042>

[11] Samosir, F., Hutabarat, L. E., Purnomo, C. C., & Tampubolon, S. P. (2021). The effect of bagasse fibers material with pumice as a partial substitution of coarse aggregate to increase compressive strength and tensile strength on lightweight concrete. *IOP conference series. Earth and environmental science*, 878(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012046>

[12] Usua, T., & Jaime, A. (2019). *Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto*. Universidad San Pedro.

[13] Garcia, C., & Alex, J. (2019). *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.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_83d68a5e36599cc5916511006090f2c5](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_83d68a5e36599cc5916511006090f2c5)

[14] Cordova, S., & Fernando, P. (2018). *Elaboración de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018*. Universidad César Vallejo.

[15] Salvador, V., & Antonio, H. (2018). *Resistencia del concreto de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% - Huaraz*. Universidad San Pedro.

[16] Culcas Raymundo, E., & Yrigoin Ramos, S. J. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural adicionando polietileno de alta densidad, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque*. Universidad César Vallejo.

[17] Mondragón Oblitas, E. (2020). *Influencia de la fibra de poliestireno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para una resistencia de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>*. Universidad Señor de Sipán.

[18] Naturaleza y materiales del concreto - Rivva Lópezpdf. *dokumen.tips*. <https://dokumen.tips/documents/1-naturaleza-y-materiales-del-concreto-rivva-lopezpdf.html?page=20>

[19] Harmsen Teodoro E, «Diseño en concreto armado», PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ, Lima, norma, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disen-de-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>

[20] Supremo, D., & de Mayo del, -2009-Vivienda D. E. L. 08. (s/f). *norma técnica de edificación e.060 concreto armado*. Gob.pe. Recuperado el 22 de septiembre de 2023, de [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_concreto\\_armado.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_concreto_armado.pdf)

- [21] G. Aramayo cruz, V. Buncuga, M. cahuapé casaux, F. FORGIONE, y A. NAVARRETE, «hormigones con agregados livianos», facultad de ciencias exactas ingenierõa y agrimensura ñ u.n.r., U.N.R., 2023
- [22] Q. Castillo y V. Gabriel, “Resistencia a la compresión y tracción del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo al cemento con 7%, 9% y 11% de ceniza de bagazo caña de azúcar – 2018”, Universidad César Vallejo, 2018.
- [23] *CIP 35 - Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto*. Crmca.com. Recuperado el 22 de septiembre de 2023, de <https://www.crmca.com/wp-content/uploads/2016/08/CIP-35-Spanish.pdf>
- [24] Especial, S. (s/f). decreto supremo que modifica la norma técnica e.030 “diseño sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo n° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo n° 002-2014-vivienda. Cultura.pe. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://museos.cultura.pe/sites/default/files/item/archivo/Norma%20t%C3%A9cnica%20E.030%20Dise%C3%B1o%20sismorresistente.pdf>
- [25] Norma técnica peruana para el análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, Organismo Peruano de Normalización 400.012- 2001.
- [26] Norma técnica peruana método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, Organismo Peruano de Normalización 400.022- 2013.
- [27] Norma técnica peruana método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso, Organismo Peruano de Normalización 400.021- 2013.
- [28] Norma técnica peruana método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, Organismo Peruano de Normalización 339.185- 2013.
- [29] Norma técnica peruana método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, Organismo Peruano de Normalización 400.017- 2011.
- [30] ASTM C138 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), volumen producido y contenido de aire del hormigón por el método gravimétrico, Sociedad Americana para pruebas y materiales.
- [31] Norma técnica peruana método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento portland, Organismo Peruano de Normalización 339.035- 2011.

[32] ASTM C39 Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto, Sociedad Americana para pruebas y materiales.

[33] ASTM C78 Método de ensayo estándar para la resistencia a la flexión del concreto usando viga simple con carga a los dos tercios del claro, Sociedad Americana para pruebas y materiales.

[34] ASTM C469 Método de ensayo estándar para determinar el módulo de elasticidad estático y relación de poissón del concreto a compresión, Sociedad Americana para pruebas y materiales.

[35]“Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado - Antonio Blasco”, La Librería del Ingeniero, 22-jun-2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.libreriaingeniero.com/2021/06/estructuracion-diseno-edificaciones-concreto-armado.html>. [Consultado: 03-oct-2023].

[36] O. Pasino y G. Antonio, “Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado”, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.

## Anexos

### Anexo 01: Validación de ensayos de laboratorio



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS**

INFORME N° LEM USAT 005-2024-I

FECHA: 17 de mayo 2024

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Gustavo Manayay Pariacuri

**TITULO DE LA TESIS:** Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

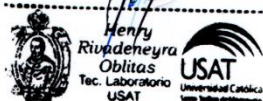
- Contenido de humedad de agregado fino y agregado grueso
- Granulometría de agregado fino y agregado grueso
- Peso específico y absorción de agregado fino y agregado grueso
- Peso unitario suelto y variado de agregado fino y agregado grueso
- Slamp de concreto patron y con 5%,10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor
- Peso unitario del concreto fresco y endurecido de concreto patron y con 5%,10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor
- Resistencia a compresión del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> para concreto patron y con 5%,10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor
- Resistencia a flexión del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> para concreto patron y con 5%,10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor

Laboratorio exterior de universidad católica santo toribio de Mogrovejo

- Modulo de elasticidad y poissón del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> para concreto patron y con 5%,10% y 15% de agregado grueso por Tecnopor

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental



## Anexo 02: Validación de ensayos de laboratorio



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Chiclayo, 12 Octubre del 2023

Quien suscribe:


### REPRESENTANTE LEGAL.



OJEDA AYESTA FIRMO JUAN CARLOS -GERENTE GENERAL.  
CAL.FRANCISCO CABRERA N° 1201 – CHICLAYO – LAMBAYEQUE


**ASUNTO:** Realización de ensayos en el laboratorio, AMAZONAS INGENIERIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

Tengo el agrado de dirigirme a la escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**, para informar que el tesista **MANAYAY PARIACURI GUSTAVO** con código universitario 171EP70956, identificado con número de DNI:73522016, y con nombre del proyecto de investigación “**ELABORACIÓN DE UN CONCRETO LIVIANO  $f'c=21$  Mpa FABRICADO MEDIANTE SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPOR**”, ha realizado estudios de laboratorio, ensayo de Compresión (14 und), ensayo de Modulo de elasticidad y poisson (8 und) en mi empresa mencionada en los párrafos anteriores, representada con **RUC 20488017498** bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Agradeciendo la atención al presente, aprovechando la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.  
Atentamente.

  
Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

  
  
Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT

  
USAT  
Universidad Católica del Perú



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo – Lambayeque ☎ T: (074) 516906 ☐ C: 964 423 859  
Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo ☐ C: 924 387 254 - 963 847 718  
Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica ☎ T: (056) 402821 ☐ C: 959 669 889

## Anexo 03: Ficha técnica de cemento tipo 1



# CEMENTO PORTLAND TIPO I

Cemento Portland de altas resistencias, permite construir estructuras de gran calidad y fortaleza.

### Características Técnicas

Cemento Portland Tipo I

cumple con:

Norma Técnica Peruana: NTP 334.009

Norma Técnica Americana: ASTM C-150

Comparativo de Resistencias



PROPIEDADES FÍSICAS	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.9	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Densidad	g/cm³	3.15	No específica

Tiempo de fraguado Vicat	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150
Fraguado inicial	min	150	Mínimo 45
Fraguado final	min	192	Máximo 375

## PROPIEDADES

- Cemento Portland Tipo I.
- Excelente comportamiento en el desempeño de resistencias iniciales y fin
- Rápido desencofrado.
- Tiempo de fraguado óptimo.
- Excelentes resistencias mecánicas a la compresión, flexión y tracción.
- Excelente manejabilidad y trabajabilidad.
- Estabilidad y uniformidad en sus características.

## USO Y APLICACIONES

- Es un cemento ideal para la construcción de elementos estructurales tales como columnas, vigas, losas, muros y cimentaciones en diversos tipos de edificaciones y obras de infraestructura.
- Por el comportamiento de su curva de resistencia permite producir concretos que requieran una mayor resistencia inicial.
- Tiene un excelente comportamiento en la elaboración de prefabricados (postes de concreto, vigas pretensadas y postensadas, pisos, adoquines, blocks, etc.)



La información en el cuadro adjunto corresponde al promedio de los datos obtenidos en el periodo de ensayos de enero 2023

Los despachos individuales pueden tener variaciones. Los resultados donde los límites no son especificados por norma se reportan solo como información

Anexo 04: Certificado de calibración de la prensa de concreto.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LFP-049-2023

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2023/06/16

Solicitante **AMAZONAS INGENIERIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA**

Dirección CAL. JOSE FRANCISCO CABRERA NRO. 1201 CERCADO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

Instrumento de medición **PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

Identificación NO INDICA

Marca PINZUAR

Modelo PC-42

Serie 270

Capacidad 1200 kn

Indicador DIGITAL

Serie 476

Bomba ELECTRICA

Procedencia COLOMBIA

Ubicación Laboratorio de concreto

Lugar de calibración CHICLAYO

Fecha de calibración 2023/06/16

**Método/Procedimiento de calibración**  
El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus Instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

  
Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  




TÉCNICO DE LABORATORIO

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 t	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 27.5 °C Final: 27.8 °C  
 Humedad Relativa Inicial: 61 %hr Final: 62 %hr

Resultados

**TABLA N° 01**  
**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

SISTEMA DIGITAL "A" kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR RPTBLD	
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %		Ep %	Rp %
10000	9999.0	9999.2	-0.01	-0.01	9999.1	-0.009	0.00
20000	20001.3	20000.4	0.01	0.00	20000.9	0.00	0.00
30000	30000.4	30000.7	0.00	0.00	30000.6	0.00	0.00
40000	40002.1	40001.8	0.01	0.00	40002.0	0.00	0.00
50000	50000.8	50000.6	0.00	0.00	50000.7	0.00	0.00
60000	59974.0	59982.0	-0.04	-0.03	59978.0	-0.04	0.01
70000	69963.0	69972.0	-0.05	-0.04	69967.5	-0.05	0.01
80000	79952.0	79964.0	-0.06	-0.05	79958.0	-0.05	0.01

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = |(A - B) / B| * 100$        $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GRUPO S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica  
METROLOGIA

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com

*Henry Rivadeneyra Oblitas*  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

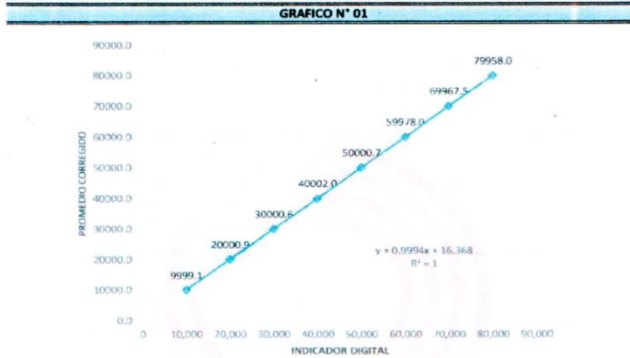


**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LFP-049-2023

Página 3 de 3

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)



Ecuación de ajuste:  
Donde:  $y = 0,9994x + 16,368$   
Coeficiente Correla:  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)  
Y : fuerza promedio (kg)

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95%.
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicero  
METROLOGÍA

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Vív. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Henry Rivadeneira Oblitas**  
Tec. Laboratorio  
USAT  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

**USAT**  
LABORATORIO DE PESAS, CORRECCIÓN Y ENSAYO DE INSTRUMENTOS

TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 05: Informe de ensayo de contenido de humedad de los agregados.



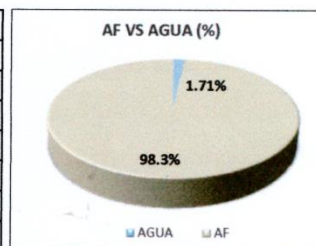
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : jueves, 31 de Agosto de 2023 **Procedencia** : (dsto. Pátapo)  
**Ensayo** : Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 339.185

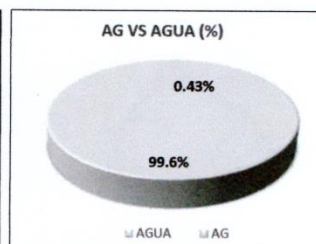
### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARA	T-1
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr.)	2083.05
PESO TARA+SUELO SECO (gr.)	2049.48
PESO DEL AGUA (gr.)	33.57
PESO DEL TARA (gr.)	83
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	1966.48
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	1.71%



### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARA	T-2
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr.)	5000
PESO TARA+SUELO SECO (gr.)	4980
PESO DEL AGUA (gr.)	20
PESO DEL TARA (gr.)	280
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	4700
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	0.43%



Observaciones:

  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



## Anexo 06: Informe de ensayo de granulometría del agregado grueso.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

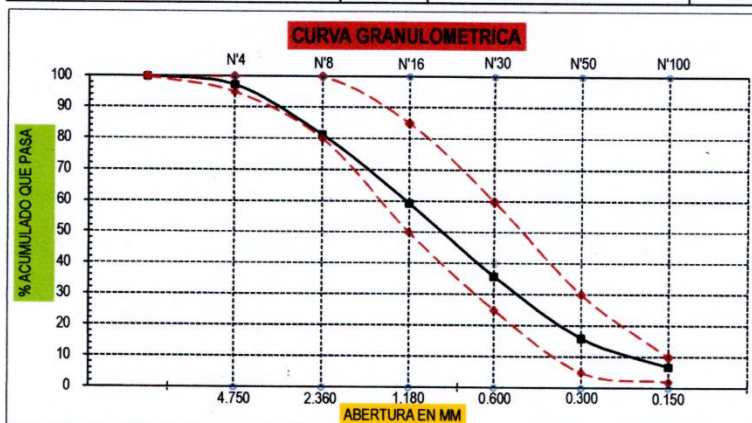


**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : viernes, 1 de Setiembre de 2023 **Procedencia** : (dsto. Pátapo)  
**Ensayo** : Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo  
**Referencia** : NTP 400.012

Tamiz		Peso Retenido (gr.)	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.					Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	13.51	2.70	2.70	97.30	95.00	100.00
Nº 08	2.36	80.40	16.08	18.78	81.22	80.00	100.00
Nº 16	1.18	109.58	21.92	40.70	59.30	50.00	85.00
Nº 30	0.60	117.83	23.57	64.26	35.74	25.00	60.00
Nº 50	0.30	99.21	19.84	84.11	15.89	5.00	30.00
Nº 100	0.15	45.43	9.09	93.19	6.81	2.00	10.00
Fondo	-	32.06	6.41	99.60	0.40		

Abertura de malla de referencia	9.50	Módulo de Fineza	3.04
---------------------------------	------	------------------	------



Observaciones:

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



### Anexo 07: Informe de ensayo de granulometria del agregado fino.

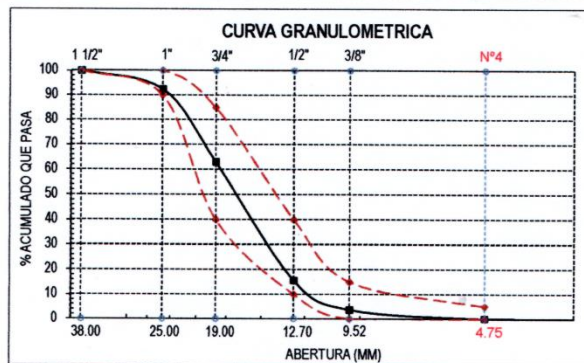


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : viernes, 1 de Setiembre de 2023 **Procedencia** : (dsto. Pátaipo)  
**Ensayo** : Análisis granulométrico del agregado fino y grueso  
**Referencia** : NTP 400.012

Tamiz		1991.83 gr.				Especificaciones	
pulg.	mm.	Peso Retenido (gr.)	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Minimo	Maximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	151.1	7.6	7.6	92.4	90.0	100.0
3/4"	19.00	585.86	29.4	37.0	63.0	40.0	85.0
1/2"	12.70	945.46	47.5	84.5	15.5	10.0	40.0
3/8"	9.52	237.17	11.9	96.4	3.6	0.0	15.0
Nº 04	4.75	70.21	3.5	99.9	0.1	0.0	5.0
Nº 08	2.36	0.00	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Nº 16	1.19	0.00	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		2.05	0.1	100.0	0.0	0.0	0.0
		1991.8					
<b>Tamaño Maximo</b>		<b>1 1/2"</b>	<b>Tamaño Maximo Nominal</b>		<b>1"</b>		



Observaciones:

*Henry Ribadeneyra Oblitas*  
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
**USAT**  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TALLER DE LABORATORIO

## Anexo 08: Informe de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensay** : sábado, 2 de Setiembre de 2023 **Procedencia** (dsto. Pátapo)  
**Ensayo** : Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino  
**Referencia** : NTP 400.022

### DATOS

A.- Datos de la arena				
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	500.0	
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	1002.7	
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	697.5	
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	305.2	
5.- Peso del Frasco		g	197.5	
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	666.0	
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	468.5	
8.- Volumen del frasco.		cm <sup>3</sup>	500.0	
B.- Resultados				
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$7/(8-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.405	Promedio 2.405
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$7/(7-4)$	g/cm <sup>3</sup>	2.567	2.567
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$7/((8-4)-(8-7))$	g/cm <sup>3</sup>	2.869	2.869
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$(((1-7)/7)*100)$	%	6.73	6.73
<b>PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO</b>				
	g/cm <sup>3</sup>		<b>2.40</b>	
<b>GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>				
	%		<b>6.73</b>	

Observaciones:

  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

  
 USAT  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 09: Informe de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : sábado, 2 de Setiembre de 2023      **Procedencia** : (dsto. Pátapo)

**Ensayo** : Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso  
**Referencia** : NTP 400.021

DATOS		
Muestra	-	1
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	4974
Peso de la muestra + canastilla sumergida	g	3830
Peso de la canastilla sumergida	g	920
Peso de la muestra seca	g	4900

CALCULOS		
Peso de la muestra sumergida	g	2910
Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	2064
Peso específico seco	g	2.37
Peso específico suelo saturado superficialmente seco	g/cm <sup>3</sup>	2.41
Absorción del agregado grueso	%	1.51

RESULTADOS		
<b>PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.41</b>
<b>GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>	<b>%</b>	<b>1.51</b>

Observaciones:

  
Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



## Anexo 10: Informe de ensayo de peso unitario del agregado fino.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : jueves, 31 de Agosto de 2023 **Procedencia:** (dsto. Pátapo)  
**Ensayo** : Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados  
**Referencia** : NTP 400.017

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	18040	18050	18040	18043
Peso del molde	g	10050	10050	10050	10050
Peso de la muestra	g	7990	8000	7990	7993
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.1893	5498.1893	5498.1893	5498
Peso unitario seco suelto	kg/m <sup>3</sup>	1453	1455	1453	1454

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	19290	19380	19410	19360
Peso del molde	g	10050	10050	10050	10050
Peso de la muestra	g	9240	9330	9360	9310
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.1893	5498.1893	5498.1893	5498
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1681	1697	1702	1693

RESULTADOS		
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1454</b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1693</b>

Observaciones:



## Anexo 11: Informe de ensayo de peso unitario del agregado grueso.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : jueves, 31 de Agosto de 2023 **Procedencia:** (dsto. Pátapo)  
**Ensayo** : Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados  
**Referencia** : NTP 400.017

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	18040	18050	18040	18043
Peso del molde	g	10050	10050	10050	10050
Peso de la muestra	g	7990	8000	7990	7993
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.1893	5498.1893	5498.1893	5498
Peso unitario seco suelto	kg/m <sup>3</sup>	1453	1455	1453	1454

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	19290	19380	19410	19360
Peso del molde	g	10050	10050	10050	10050
Peso de la muestra	g	9240	9330	9360	9310
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5498.1893	5498.1893	5498.1893	5498
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1681	1697	1702	1693

RESULTADOS		
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>1454</b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>1693</b>

Observaciones:

  
Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



# Anexo 12: Informe de diseño de mezcla del concreto patrón.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEDO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



### DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

**Tenista** : Manayay Parlacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tema** : Elaboración de un concreto liviano  $f'c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopop  
**Ubicación** :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Estructura** : Concreto - Edificación convencional  
**Fecha de ensayo** : viernes, 11 de Agosto de 2023

DATOS		MATERIALES			
f'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	21.0	CEMENTO	TIPO-1		
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3'-4')	AGREGADOS:	A y AG: Cantera la Victoria (dpto. Piura)		
			ENSAYO	UNO	A. FINO
			P. ESPECÍFICO DE MASA	g/cm <sup>3</sup>	A. GRUESO
			% DE ABSORCIÓN	%	
			CONTENIDO DE HUMEDAD	%	
			MÓDULO DE FINEZA	-	
			TAMANO MÁX. NOMINAL	"	
			P. UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	
			P. UNIT. SUELO	kg/m <sup>3</sup>	

#### PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	$f'cr$	=	294	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	$w/c$	=	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO	$w$	=	193	l/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%
FACTOR CEMENTO	$f'c$	=	8.1	bol/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	917.76	kg/m <sup>3</sup>

#### DISEÑO

##### 1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEM	=	0.111	m <sup>3</sup>
AGA	=	0.193	m <sup>3</sup>
AGR	=	0.015	m <sup>3</sup>
A.C	=	0.381	m <sup>3</sup>
TO	=	0.700	m <sup>3</sup>

##### 2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m <sup>3</sup>
PESO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>

##### 3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO :	193.00	l
A. FINO SECO :	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO :	917.76	kg/m <sup>3</sup>

##### 4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	921.66 kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-5.82 %
A. GRUESO	-1.08 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-36.27 l/m <sup>3</sup>
A. GRUESO	-9.95 l/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	239.23 l/m <sup>3</sup>

##### 5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	239.23	l
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	921.66	kg/m <sup>3</sup>

#### RESULTADOS

PROPORCIÓN EN PESO  $f'c=$   
 PROPORCIÓN EN VOLUMEN

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
PROPORCIÓN EN PESO $f'c=$	1.00	2.126	2.667	0.692	l/bol
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	2.195	2.849	29.42	l/bol

#### CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS

PROBETAS	cantidad	volumen
	1.5	0.008330 m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORREGIDOS	PESO EN Kg
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	2.89 Kg
AGUA EFECTIVA	239.23 kg/m <sup>3</sup>	2.00 Kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>	6.12 Kg
A. GRUESO HUMEDO	921.66 kg/m <sup>3</sup>	7.79 Kg

Observaciones:

Henry Ribadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 USAT  
 TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

# Anexo 13: Informe de diseño de mezcla del concreto con reemplazo del agregado grueso por 5% de tecnopor.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓRRON  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



### DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

**Telista** : Manayay Pariscari Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto f'cm=21 Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chichas, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Estructura** : Concreto - Edificación convencional  
**Fecha de ensayo** : Lunes, 14 de Agosto de 2023

DATOS		MATERIALES			
Fc DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	210	CEMENTO	TIPO I		
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
		TECNOPOR	20	AGRO	
		AGREGADOS:	Nº y AG: Cantera de Victoria (dist. Piñipe)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SR 3 <sup>er</sup> 4 <sup>ta</sup> )	ENSAYO	UNID	A. FINO	A. GRUESO
AIRE INCORPORADO	NO	P. ESPECÍFICO DE MASA	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.41
EXPOSICIÓN A INTemperIE	NO PRECISA	% DE ABSORCIÓN	%	6.72	1.52
OBSERVACIONES	NINGUNA	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71	0.40
		MÓDULO DE FINESZA	-	3.04	-
		TAMANO MÁX. NOMINAL	-	-	1"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1882	1531
		P. UNIT. SUELO	kg/m <sup>3</sup>	1494	1465

#### PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	Fc =	204	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C =	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO	A =	193	kg/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A =	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C =	6.1	kg/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G =	917.76	kg/m <sup>3</sup>

#### DISEÑO

##### 1. CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CE =	0.111	0.111	m <sup>3</sup>
AG =	0.193	0.193	m <sup>3</sup>
AGRO =	0.015	0.015	m <sup>3</sup>
A =	0.381	0.362	m <sup>3</sup>
TE =	0.019	0.019	m <sup>3</sup>
TC =		0.720	m <sup>3</sup>

##### 2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m <sup>3</sup>
PESO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>

##### 3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO :	193.00	kg/m <sup>3</sup>
A. FINO SECO :	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO :	917.87	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR :	0.19	kg/m <sup>3</sup>

##### 4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	734.76 kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-5.60 %
A. GRUESO	-1.08 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-36.27 kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO	-9.46 kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m <sup>3</sup>

##### 5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m <sup>3</sup>
A. FINO HUMEDO	734.76 kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR	0.19 kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m <sup>3</sup>

#### RESULTADOS

PROPORCIÓN EN PESO F'cm	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	2.138	2.533	0.0055	0.691
	1.00	2.195	2.707	0.083	29.36

#### CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS

cantidad	volumen
PROBETAS	1.5 0.00950 m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORREGIDOS	PESO EN kg
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	2.89 kg
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m <sup>3</sup>	1.99 kg
A. FINO HUMEDO	734.76 kg/m <sup>3</sup>	6.13 kg
TECNOPOR	0.19 kg/m <sup>3</sup>	0.00159 kg
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m <sup>3</sup>	7.31 kg

#### Observaciones:

**Henry Rivadeneira Oblitas**  
Tec. Laboratorio USAT



# Anexo 14: Informe de diseño de mezcla del concreto con reemplazo del agregado grueso por 10% de tecnopor.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



### DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

**Tecnieta** : Manayay Particular Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano (f<sub>c</sub>=21) Moq fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor.  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Estructura** : Concreto - Edificación convencional  
**Fecha de ensayo** : Lunes, 14 de Agosto de 2023

DATOS	MATERIALES

### PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f <sub>c</sub> =	254	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C =	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO	A =	193	kg/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A =	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C =	0.1	kg/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G =	917.75	kg/m <sup>3</sup>

### DISEÑO

#### 1. CARGO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS

CE =	0.111	0.111	m <sup>3</sup>
AC =	0.183	0.183	m <sup>3</sup>
AB =	0.015	0.015	m <sup>3</sup>
A =	0.361	0.363	m <sup>3</sup>
TE =	0.038	0.038	
TC =		0.700	m <sup>3</sup>

#### 2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.300	m <sup>3</sup>
PESO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>

#### 3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO :	193.00	l
A. FINO SECO :	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO :	825.98	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR :	0.38	kg/m <sup>3</sup>

#### 4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	829.50	kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	-5.02	%
A. GRUESO	-1.08	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	-36.27	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO	-8.96	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.23	l

#### 5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.23	l
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR	0.38	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	829.50	kg/m <sup>3</sup>

### RESULTADOS

PROPORCIÓN EN PESO f'<sub>cm</sub>  
PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA
1.00	2.126	2.400	0.00110	0.689
1.00	2.195	2.564	0.165	28.28

### CANTIDAD DE MATERIAL PARA PROBETAS

cantidad	volúmen
PROBETAS	1.5 (0.075) m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORREGIDOS	PESO EN KG
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	2.89 kg
AGUA EFECTIVA	238.23 kg/m <sup>3</sup>	1.99 kg
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>	6.13 kg
TECNOPOR	0.38 kg/m <sup>3</sup>	0.00318 kg
A. GRUESO HUMEDO	829.50 kg/m <sup>3</sup>	6.97 kg

Observaciones:

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

USAT  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
TECNICO DE AGROMATERIALES

# Anexo 15: Informe de diseño de mezcla del concreto con reemplazo del agregado grueso por 15% de tecnopor.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI**

**Testa:** : Manayay Parlacuri Gustavo  
**Escuela:** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis:** : Elaboración de un concreto liviano f'c=21 Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación:** : Dist. Chichlayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque,  
**Estructura:** : Concreto - Edificación convencional  
**Fecha de ensayo:** : Lunes, 14 de Agosto de 2023

DATOS	MATERIALES	CEMENTO	
		ESPECIFICACION	TIPO
f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	CEMENTO	ESPECIFICACION
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	TECNOPOR	10 KG/M <sup>3</sup>
AIRE INCORPORADO	NO	AGREGADOS:	
EXPOSICIÓN A TEMPERIE	NO PRECISA	AF y AG: Cartera la Victoria (dist. Piñapo)	
OBSERVACIONES	NINGUNA	ENLAYO	UNO
		A. FINO	A. GRUESO
		P. ESPECÍFICO DE MASA	2.40
		% DE ABSORCIÓN	6.73
		CONTENIDO DE HUMEDAD	1.71
		MODULO DE FINEZA	3.04
		TAMANO MÁX. NOMINAL	1"
		P. UNF. COMPACTADO	1583
		P. UNF. SUELTO	1454

**PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)**

RESISTENCIA PROMEDIO	f'c =	294	kg/cm <sup>2</sup>
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	AC =	0.56	-
AGUA DE MEZCLADO	A =	193	litros
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A =	1.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C =	8.1	litros
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G =	817.76	kg/m <sup>3</sup>

**DISEÑO**

**1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

CE	=	0.111	0.111	m <sup>3</sup>
AC	=	0.193	0.193	m <sup>3</sup>
AI	=	0.015	0.015	m <sup>3</sup>
A.	=	0.381	0.352	m <sup>3</sup>
TE	=	0.019	0.019	m <sup>3</sup>
TC	=		0.700	m <sup>3</sup>

**2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.308	m <sup>3</sup>
PESO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>

**3. VALORES DE DISEÑO**

CEMENTO:	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO:	193.00	litros
A. FINO SECO:	722.42	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO SECO:	871.87	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR:	0.15	kg/m <sup>3</sup>

**4. CORRECCION POR HUMEDAD**

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD SUPERFICIAL	

A. FINO	-0.52	%
A. GRUESO	-1.58	%

**APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

A. FINO	-35.27	litros
A. GRUESO	-8.46	litros
AGUA EFECTIVA	238.73	litros

**5. PESOS CORREGIDOS**

CEMENTO	345.63	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	238.73	litros
A. FINO HUMEDO	734.75	kg/m <sup>3</sup>
TECNOPOR	0.15	kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO HUMEDO	875.58	kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS**

PROPORCIÓN EN PESO f'c =  
 PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA
1.00	2.126	2.533	0.00055	0.891
1.00	2.195	2.707	0.063	29.36

**CANTIDAD DE MATERIAL PARA PRUEBAS**

cantidad	volumen
PROBETAS	1 S
	0.008350 m <sup>3</sup>

MATERIAL	PESO CORRIGIDO	PESO EN Kg.
CEMENTO	345.63 kg/m <sup>3</sup>	2.89 Kg.
AGUA EFECTIVA	238.73 kg/m <sup>3</sup>	1.99 Kg.
A. FINO HUMEDO	734.75 kg/m <sup>3</sup>	6.13 Kg.
TECNOPOR	0.15 kg/m <sup>3</sup>	0.00158 Kg.
A. GRUESO HUMEDO	875.58 kg/m <sup>3</sup>	7.31 Kg.

Observaciones:

*Henry Obilias*  
 Henry Obilias  
 Tec. Laboratorio  
 USAT  
 Universidad Católica  
 Santa Teresita de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 USAT  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 16: Informe de ensayo de peso unitario y slump del concreto.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Manayay Pariacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor

**Ensayo** : Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del hormigon con el cono de abramas  
**Referencia** :NTP 339.035

Slump de diseño	
Concreto patrón	3.5
concreto con 5% tecnopor	3.5
concreto con 10% tecnopor	3.5
concreto con 15% tecnopor	3.3

**Ensayo:** metodo de ensayo para deteminacion del peso unitario  
**Referencia:** ASTM C138

### peso de concreto fresco en probetas de 15-30

muestras	peso	Vol-Probetas	Densidad real
Concreto patron	12660.0 g	0.005301	2388.0 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 5% tecnopor	12516.7 g	0.005301	2361.0 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 10% tecnopor	12040.0 g	0.005301	2271.1 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 15% tecnopor	11850.0 g	0.005301	2235.2 Kg/m <sup>3</sup>

### peso de concreto endurecido en probetas de 15-30

muestras	peso	Vol-Probetas	Densidad real
Concreto patron	12730.0 g	0.005301	2401.2 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 5% tecnopor	12240.0 g	0.005301	2308.8 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 10% tecnopor	12027.0 g	0.005301	2268.6 Kg/m <sup>3</sup>
concreto con 15% tecnopor	11810.0 g	0.005301	2227.7 Kg/m <sup>3</sup>

### Observaciones:

  
Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  


  
USAT  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
LABORATORIO

### Anexo 17: Informe de ensayo de compresión del concreto.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Testista** : Manayay Parfaurul Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Teñis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ensayo** : Resistencia a la compresión  
**Norma** : ASTM C38

Descripción $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Área (cm <sup>2</sup> )	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)	
	Vaciado	Ruptura				kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>				
Diseño de muestra patrón	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	34270	191.37	91%	196.65	94%	
	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	33570	187.46	89%			
	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	37610	211.14	101%			
	13/09/2023	27/09/2023	14.00	15.1	179.08	37060	206.85	98%	234.11	111%	
	13/09/2023	27/09/2023	14.00	15.1	179.08	46760	261.11	124%			
	13/09/2023	27/09/2023	14.00	15.1	179.08	41950	234.25	112%	275.06	131%	
	13/09/2023	04/10/2023	21.00	15.1	179.08	49692.6	277.49	132%			
	13/09/2023	04/10/2023	21.00	15.1	179.08	50286.1	280.82	134%	312.12	149%	
	13/09/2023	04/10/2023	21.00	15.1	179.08	47789.2	266.86	127%			
	14/09/2023	12/10/2023	28.00	15.1	179.08	54299.8	303.22	144%	312.12	149%	
	14/09/2023	12/10/2023	28.00	15.1	179.08	56470	315.34	150%			
	14/09/2023	12/10/2023	28.00	15.1	179.08	56910	317.79	151%			
	Diseño de concreto con 5% de tecnopor	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	32270	180.20	86%	180.00	86%
		12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	31880	178.02	85%		
12/09/2023		19/09/2023	7.00	15.1	179.08	32550	181.76	87%			
13/09/2023		27/09/2023	14.00	15.1	179.08	40570	227.11	108%	236.69	113%	
13/09/2023		27/09/2023	14.00	15.1	179.08	42800	237.88	113%			
13/09/2023		27/09/2023	14.00	15.1	179.08	43880	245.09	117%	247.88	118%	
13/09/2023		04/10/2023	21.00	15.1	179.08	44562.3	248.84	118%			
13/09/2023		04/10/2023	21.00	15.1	179.08	41824.8	233.56	111%	276.62	132%	
13/09/2023		04/10/2023	21.00	15.1	179.08	46578	260.66	124%			
14/09/2023		12/10/2023	28.00	15.1	179.08	51048.5	285.06	136%	276.62	132%	
14/09/2023		12/10/2023	28.00	15.1	179.08	48280	269.60	128%			
14/09/2023		12/10/2023	28.00	15.1	179.08	49280	275.19	131%			
Diseño de concreto con 10% de tecnopor		12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	28630	159.87	76%	165.22	79%
		12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	31350	175.06	83%		
	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	28780	160.71	77%			
	14/09/2023	28/09/2023	14.00	15.1	179.08	37423.2	208.98	100%	206.49	98%	
	14/09/2023	28/09/2023	14.00	15.1	179.08	36288.9	202.64	96%			
	14/09/2023	28/09/2023	14.00	15.1	179.08	37221.6	207.85	99%	221.33	105%	
	14/09/2023	05/10/2023	21.00	15.1	179.08	40979.5	228.84	109%			
	14/09/2023	05/10/2023	21.00	15.1	179.08	38536.1	215.19	102%	252.39	120%	
	14/09/2023	05/10/2023	21.00	15.1	179.08	39390.7	219.96	105%			
	15/09/2023	13/10/2023	28.00	15.1	179.08	47045.2	262.71	125%	252.39	120%	
	15/09/2023	13/10/2023	28.00	15.1	179.08	42740	238.67	114%			
	15/09/2023	13/10/2023	28.00	15.1	179.08	45810	255.81	122%			
	Diseño de concreto con 15% de tecnopor	12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	28810	160.88	77%	146.97	70%
		12/09/2023	19/09/2023	7.00	15.1	179.08	25190	140.66	67%		
12/09/2023		19/09/2023	7.00	15.1	179.08	24960	139.38	66%			
14/09/2023		28/09/2023	14.00	15.1	179.08	37981.8	212.10	101%	210.75	100%	
14/09/2023		28/09/2023	14.00	15.1	179.08	36692.2	204.89	98%			
14/09/2023		28/09/2023	14.00	15.1	179.08	38550.1	215.27	103%	213.99	102%	
14/09/2023		05/10/2023	21.00	15.1	179.08	39572.6	220.98	105%			
14/09/2023		05/10/2023	21.00	15.1	179.08	36020.6	201.14	96%	244.74	117%	
14/09/2023		05/10/2023	21.00	15.1	179.08	39369.4	219.84	105%			
15/09/2023		13/10/2023	28.00	15.1	179.08	44852.1	250.46	119%	244.74	117%	
15/09/2023		13/10/2023	28.00	15.1	179.08	41420	231.30	110%			
15/09/2023		13/10/2023	28.00	15.1	179.08	45210	252.46	120%			

Observaciones:

Henry Rivasdeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT





INFORME DE ENSAYO N° 0615 - 2023 L.E.M. AMAZING S.A.C

FECHA DE EMISIÓN: 27/09/2023

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA : GUSTAVO MANAYAY PARIACURI  
 UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 PROYECTO : "ELABORACION DE UN CONCRETO LIMANO f'c: 21 MPA, FABRICANDO MEDIANTE SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPOR"  
 UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque

Referencia: N.T.P. 339.034 - 2015 Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRON f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>

Probeta N°	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Ø (cm)	Área (cm)	Carga (P) (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de Fractura
01	13/09/2023	27/09/2023	14	15.1	179.08	37060	207	3
02	13/09/2023	27/09/2023	14	15.1	179.08	46760	261	5
03	13/09/2023	27/09/2023	14	15.1	179.08	41950	234	5

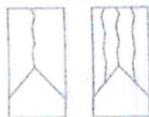
IDENTIFICACIÓN: CONCRETO CON 5% DE TECNOPOR f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>

03	13/09/2023	27/09/2023	14	15.2	181.46	40670	224	6
04	13/09/2023	27/09/2023	14	15.1	179.08	42600	238	5
00	13/09/2023	27/09/2023	14	15.1	179.08	43890	245	6

OBSERVACIONES: La identificación de la muestra es responsabilidad del cliente



Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25mm



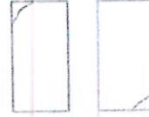
Tipo 2  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



Tipo 3  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados



Tipo 4  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos, golpes suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5  
Fractura de los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6  
Similar al Tipo 5 pero el extremo del cilindro es punteado

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 T.T.C. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firme Ojeda Auesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

*Henry Rivadeneyra Oblitas*  
 Tec. Laboratorio  
 USAT  
 Universidad Católica  
 Lambayeque



INFORME DE ENSAYO N° 0615 - 2023 L.E.M. AMAZING S.A.C

FECHA DE EMISIÓN: 12/10/2023

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA : GUSTAVO MANAYAY PARIACURI  
 UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 PROYECTO : "ELABORACION DE UN CONCRETO LIVIANO  $f_c$ : 21 MPA, FABRICANDO MEDIANTE SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPOR"  
 UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque

Referencia: N.T.P. 339.034 - 2015 Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRON  $f_c= 210 \text{ kg/cm}^2$

Probeta N°	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Ø (cm)	Área (cm)	Carga (P) (kg)	$f_c$ kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de Fractura
01	13/09/2023	11/10/2023	28	15.1	179.08	56470	315.34	6
02	13/09/2023	11/10/2023	28	15.1	179.08	56910	317.79	5

IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRON 210 kg/cm<sup>2</sup> CON TECNOPOR 5%

03	13/09/2023	11/10/2023	28	15.1	179.08	48280	269.60	3
04	13/09/2023	11/10/2023	28	15.1	179.08	49280	275.19	6

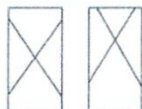
IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRON 210 kg/cm<sup>2</sup> CON TECNOPOR 10%

05	14/09/2023	12/10/2023	28	15.1	179.08	42740	238.67	5
06	14/09/2023	12/10/2023	28	15.1	179.08	45810	255.81	5

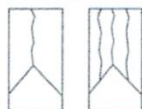
IDENTIFICACIÓN: CONCRETO PATRON 210 kg/cm<sup>2</sup> CON TECNOPOR 15%

07	14/09/2023	12/10/2023	28	15.1	179.08	41420	231.29	5
08	14/09/2023	12/10/2023	28	15.1	179.08	45210	252.46	3

OBSERVACIONES: La identificación de la muestra es responsabilidad del cliente



Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los Cabezales de menos de 25mm



Tipo 2  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo



Tipo 3  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados



Tipo 4  
Fractura diagonal sin fisuras a Tráves de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5  
Fractura de los lados en las partes superior e inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6  
Similar al Tipo 5 pero el Extremo del cilindro es puntagudo

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo – Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Inf. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

## Anexo 18: Informe de ensayo de flexión del concreto.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES




**Testista** : Manayay Parlacuri Gustavo  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de un concreto liviano  $f_c=21$  Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Ensayo** : Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo  
**Referencia** : NTP 339.078

Descripción F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	Fechas		Edad (Días)	lugar (L) Distancia entre apoyos (cm)	Ancho(b=cm)	Espesor del especimen t(cm)	Cargas (Kgf)	Módulo de Rotura (MPa) MR(kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	M <sub>r</sub> = $\frac{P \cdot L}{b \cdot t^2}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (%)
	Variado	Ruptura									
Diseño de muestra patrón	14/09/2023	12/10/2023	28.00	45	15	15	2056.3	35.42	17%	39.46	19%
	14/09/2023	12/10/2023	28.00	45	15	15	2737.6	36.50	17%		
	18/09/2023	16/10/2023	28.00	45	15	15	3485.7	46.48	22%		
Diseño de concreto con 5% de tecnopor	18/09/2023	16/10/2023	28.00	45	15	15	2681.1	35.75	17%	35.71	17%
	19/09/2023	17/10/2023	28.00	45	15	15	2576.3	34.27	16%		
	19/09/2023	17/10/2023	28.00	45	15	15	2783.9	37.12	18%		
Diseño de concreto con 10% de tecnopor	20/09/2023	18/10/2023	28.00	45	15	15	2318.9	30.92	15%	31.92	15%
	20/09/2023	18/10/2023	28.00	45	15	15	2268.7	30.25	14%		
	20/09/2023	18/10/2023	28.00	45	15	15	2594.7	34.60	16%		
Diseño de concreto con 15% de tecnopor	21/09/2023	19/10/2023	28.00	45	15	15	2078.2	27.71	13%	28.53	14%
	21/09/2023	19/10/2023	28.00	45	15	15	2114.5	28.19	13%		
	21/09/2023	19/10/2023	28.00	45	15	15	2227.4	29.70	14%		

Henry Ribadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

USAT  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**Anexo 19: Informe de ensayo del modulo de elasticidad y razón de poisson.**



CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES


**INFORME DE ENSAYO N° 0558**

Expediente N° : 610-2023 L.E.M. AMAZING SAC  
 Tesisista : GUSTAVO MANAYAY PARIACURI  
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACION DE UN CONCRETO LIVIANO f<sub>c</sub>: 21 MPa. FABRICANDO MEDIANTE SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPOR  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 12 de Octubre del 2023


Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

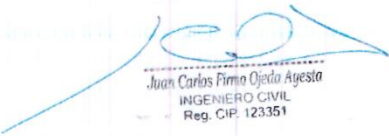
Referencia : ASTM C-469

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	$\alpha_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha_c$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S1 (0.000050) (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_s$ (‰)	$\epsilon$ Unitaria TránsV	$E_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	PESO UNITARIO (Kg/m <sup>3</sup> )	$E_c$ (ACI 318) (Kg/cm <sup>2</sup> )	V	Promedio V
01	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup>	13/08/2023	11/10/2023	28	315.34	316.56	126	5.95041	0.001060	0.00012053	119008	2401.20	293090.58	0.1138	0.1274
02	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup>	13/08/2023	11/10/2023	28	317.79		127	7.10562	0.000894	0.00012610	142112			0.1410	
03	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 5%	13/09/2023	11/10/2023	28	269.60	272.39	108	6.24002	0.000864	0.00010026	124800	2308.80	256334.18	0.1160	0.1258
04	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 5%	13/09/2023	11/10/2023	28	275.19		110	6.57473	0.000837	0.00011356	131495			0.1357	
05	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 10%	14/08/2023	12/10/2023	28	238.67	247.24	95	5.50250	0.000867	0.00010230	110050			0.1179	0.1179
06	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 10%	14/08/2023	12/10/2023	28	255.81		102	6.11178	0.000837	0.00009870	122236	2268.60	237860.50	0.1179	
07	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 15%	14/09/2023	12/10/2023	28	231.30	241.88	93	5.38169	0.000860	0.00009897	107634	2227.70	228934.01	0.1128	0.1160
08	CONCRETO PATRÓN 210 kg/m <sup>3</sup> CON TECNOPOR 15%	14/09/2023	12/10/2023	28	252.46		101	5.83850	0.000866	0.00010325	116570			0.1192	




German Oscar Gastelo Chirinos  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES






Juan Carlos Firmin Ojeda Ayesta  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 123351



Henry Rivasdeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889  
 amazing.sac.ic@gmail.com

**Anexo 20: Realización del ensayo de granulometría del agregado fino.**

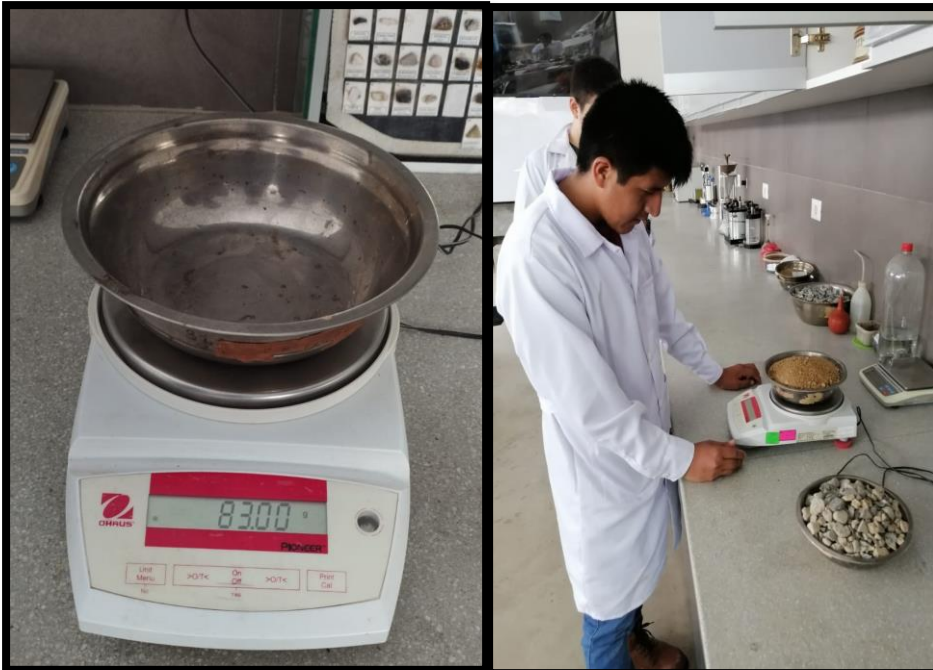
**Anexo 21: Realización del ensayo de granulometría del agregado grueso.**

**Anexo 22: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.**



**Anexo 23: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.**



**Anexo 24: Realización del ensayo de contenido de humedad de los agregados.**













**Anexo 25: Realización del ensayo de peso unitario del agregado fino.***PESO UNITARIO SECO SUELTO**PESO UNITARIO SECO COMPACTADO*

**Anexo 26: Realización del ensayo de peso unitario del agregado grueso.***PESO UNITARIO SECO SUELTO**PESO UNITARIO SECO COMPACTADO*












**Anexo 27: Realización del ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco.**

Concreto patrón	Reemplazo 5% Tecnopor	Reemplazo 10% Tecnopor	Reemplazo 15% Tecnopor
			
			
			

**Anexo 28: Realización del ensayo de peso unitario del concreto en estado endurecido.**

Concreto patrón	Reemplazo 5% Tecnopor	Reemplazo 10% Tecnopor	Reemplazo 5% Tecnopor
			
			
			

**Anexo 29: Realización del ensayo de compresión del concreto a los 7 días**

Concreto patrón	Remplazo 5% Tecpor	Remplazo 10% Tecpor	Remplazo 15% Tecpor
			
			
			

### Anexo 30: Realización del ensayo de compresión del concreto a los 14 días

Concreto patrón	Reemplazo 5% Tecnopor	Reemplazo 10% Tecnopor	Reemplazo 15% Tecnopor
			
			
			

### Anexo 31: Realización del ensayo de compresión del concreto a los 21 días

Concreto patrón	Reemplazo Tecnopor 5%	Reemplazo Tecnopor 10%	Reemplazo Tecnopor 15%
			
			
			

**Anexo 32: Realización del ensayo de compresión del concreto a los 28 días**

Concreto patrón	Remplazo Tecnopor 5%	Remplazo Tecnopor 10%	Remplazo Tecnopor 15%
			
			
			

**Anexo 33: Realización del ensayo de resistencia a la flexión**



**Anexo 34: Realización del ensayo de modulo de elasticidad y razón de poisson**

### Anexo 35: Diseño por durabilidad para concreto patron

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI						
<b>Tesista</b>	: Manayay Pariacuri Gustavo					
<b>Escuela</b>	: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental					
<b>Tesis</b>	: Elaboración de un concreto liviano $f_c=21$ Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor					
<b>Ubicación</b>	: Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.					
<b>Estructura</b>	: Concreto - Edificación convencional					
<b>Fecha de ensayo</b>	: lunes, 14 de Agosto de 2023					
DATOS		MATERIALES				
$f_c$ DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	<b>CEMENTO</b>	TIPO-I			
		<b>AGUA</b>	POTABLE (RED PÚBLICA)			
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	<b>TECNOPOPOR</b>	10	KG/M3		
		<b>AGREGADOS:</b>	AF y AG: Cantera la Victoria (dsto. Pátapo)			
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	ENSAYO	UND	A. FINO A. GRUESO		
		P. ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm <sup>3</sup>	2.40 2.41		
AIRE INCORPORADO	NO	% DE ABSORCIÓN	%	6.73 1.51		
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.71 0.43		
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	MODULO DE FINEZA	-	3.04 --		
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	-- 1"		
OBSERVACIONES	NINGUNA	P. UNIT. COMPACTADO	kg/m <sup>3</sup>	1693 1530		
		P. UNIT. SUELTO	kg/m <sup>3</sup>	1454 1405		
<b>PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)</b>						
RESISTENCIA PROMEDIO		$f_{cr}$	=	294 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>DISEÑO POR DURABILIDAD</b>						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56			
<b>DISEÑO POR DURABILIDAD DEL TABLA</b>						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.50			
Tabla Nº 4.2						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.50	-		
AGUA DE MEZCLADO		=	193	lt/m <sup>3</sup>		
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	1.5	%		
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.1	bol/m <sup>3</sup>		
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	994.24	kg/m <sup>3</sup>		
<b>DISEÑO</b>						
<b>1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>			<b>4. CORRECCION POR HUMEDAD</b>			
CEMENTO	=	0.124	0.124	m <sup>3</sup>		
AGUA	=	0.193	0.193	m <sup>3</sup>		
AIRE	=	0.015	0.015	m <sup>3</sup>		
A. GRUESO	=	0.413	0.392	m <sup>3</sup>		
TECNOPOPOR	=	0.021	0.021			
TOTAL	=		0.744	m <sup>3</sup>		
<b>2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO</b>			<b>PESOS HUMEDOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO:		0.256		m <sup>3</sup>		
PESO SECO:		614.98		kg/m <sup>3</sup>		
<b>3. VALORES DE DISEÑO</b>			<b>HUMEDAD SUPERFICIAL</b>			
CEMENTO :		386.00		kg/m <sup>3</sup>		
AGUA DE DISEÑO :		193.00		lt		
A. FINO SECO :		614.98		kg/m <sup>3</sup>		
A. GRUESO SECO :		944.52		kg/m <sup>3</sup>		
TECNOPOPOR		0.21		kg/m <sup>3</sup>		
			<b>5. PESOS CORREGIDOS</b>			
			CEMENTO	386.00 kg/m <sup>3</sup>		
			AGUA EFECTIVA	234.12 lt		
			A. FINO HUMEDO	625.48 kg/m <sup>3</sup>		
			TECNOPOPOR	0.21 kg/m <sup>3</sup>		
			A. GRUESO HUMEDO	948.54 kg/m <sup>3</sup>		
			<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>			
			A. FINO	-30.88 lt/m <sup>3</sup>		
			A. GRUESO	-10.24 lt/m <sup>3</sup>		
			AGUA EFECTIVA	234.12 lt		
<b>RESULTADOS</b>						
PROPORCION EN PESO $f'c$ =		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA
		1.00	1.620	2.457	0.00053	0.607
PROPORCION EN VOLUMEN		1.00	1.673	2.626	0.080	25.78

## Anexo 36: Diseño por durabilidad para concreto con 15% de tecnopor por el agregado grueso

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI						
<b>Tesista</b>	: Manayay Pariacuri Gustavo					
<b>Escuela</b>	: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental					
<b>Tesis</b>	: Elaboración de un concreto liviano $f'c=21$ Mpa fabricado mediante sustitución de un porcentaje de agregado grueso por Tecnopor					
<b>Ubicación</b>	: Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.					
<b>Estructura</b>	: Concreto - Edificación convencional					
<b>Fecha de ensayo</b>	: lunes, 14 de Agosto de 2023					
DATOS		MATERIALES				
$f'c$ DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	<b>CEMENTO</b>	TIPO-I			
ESTRUCTURA	EDIFICACIÓN CONVENCIONAL	<b>AGUA</b>	POTABLE (RED PÚBLICA)			
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"-4")	<b>TECNOPOR</b>	10	KG/M3		
AIRE INCORPORADO	NO	<b>AGREGADOS:</b>	AF y AG: Cantera la Victoria (dsto. Pátapo)			
EXPOSICION A INTEMPERIE	NO PRECISA	<b>ENSAYO</b>	<b>UND</b>	<b>A. FINO</b>		
OBSERVACIONES	NINGUNA	<b>P. ESPECIFICO DE MASA</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.40		
		<b>% DE ABSORCIÓN</b>	%	6.73		
		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	1.71		
		<b>MODULO DE FINEZA</b>	-	3.04		
		<b>TAMAÑO MÁX. NOMINAL</b>	"	---		
		<b>P. UNIT. COMPACTADO</b>	kg/m <sup>3</sup>	1693		
		<b>P. UNIT. SUELTO</b>	kg/m <sup>3</sup>	1454		
				1405		
<b>PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)</b>						
RESISTENCIA PROMEDIO		$f'cr$	=	294 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>DISEÑO POR DURABILIDAD</b>						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO		A/C	=	0.56		
<b>DISEÑO POR DURABILIDAD DEL TABLA</b>						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO		A/C	=	0.50		
Tabla Nº 4.2						
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO		A/C	=	0.50		
AGUA DE MEZCLADO			=	193 lt/m <sup>3</sup>		
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		% A	=	1.5 %		
FACTOR CEMENTO		F.C	=	9.1 bol/m <sup>3</sup>		
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO		A.G	=	994.24 kg/m <sup>3</sup>		
<b>DISEÑO</b>						
<b>1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>			<b>4. CORRECCION POR HUMEDAD</b>			
CEMENTO	=	0.124	0.124	m <sup>3</sup>		
AGUA	=	0.193	0.193	m <sup>3</sup>		
AIRE	=	0.015	0.015	m <sup>3</sup>		
A. GRUESO	=	0.413	0.392	m <sup>3</sup>		
TECNOPOR	=	0.021	0.021	m <sup>3</sup>		
TOTAL	=		0.744	m <sup>3</sup>		
<b>2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO</b>			<b>PESOS HUMEDOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO:		0.256		m <sup>3</sup>		
PESO SECO:		614.98		kg/m <sup>3</sup>		
<b>3. VALORES DE DISEÑO</b>			<b>HUMEDAD SUPERFICIAL</b>			
CEMENTO :		386.00		kg/m <sup>3</sup>		
AGUA DE DISEÑO :		193.00		lt		
A. FINO SECO :		614.98		kg/m <sup>3</sup>		
A. GRUESO SECO :		944.52		kg/m <sup>3</sup>		
TECNOPOR		0.21		kg/m <sup>3</sup>		
			<b>APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>			
			<b>A. FINO HUMEDO</b>			
			625.48 kg/m <sup>3</sup>			
			<b>A. GRUESO HUMEDO</b>			
			948.54 kg/m <sup>3</sup>			
			<b>A. FINO</b>			
			-5.02 %			
			<b>A. GRUESO</b>			
			-1.08 %			
			<b>A. FINO</b>			
			-30.88 lt/m <sup>3</sup>			
			<b>A. GRUESO</b>			
			-10.24 lt/m <sup>3</sup>			
			<b>AGUA EFECTIVA</b>			
			234.12 lt			
			<b>5. PESOS CORREGIDOS</b>			
			CEMENTO			
			386.00 kg/m <sup>3</sup>			
			AGUA EFECTIVA			
			234.12 lt			
			A. FINO HUMEDO			
			625.48 kg/m <sup>3</sup>			
			TECNOPOR			
			0.21 kg/m <sup>3</sup>			
			A. GRUESO HUMEDO			
			948.54 kg/m <sup>3</sup>			
<b>RESULTADOS</b>						
PROPORCION EN PESO $f'c=$		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	Tecnopor	AGUA
		1.00	1.620	2.457	0.00053	0.607
PROPORCION EN VOLUMEN		1.00	1.673	2.626	0.080	25.78

## Anexo 37: Datos para el diseño de concreto por durabilidad

### CASO 3: Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico

TABLA 5.3 (Pag 42 RNE E 0.60)

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio requerida a la compresión, Kg/cm <sup>2</sup>
$f_c < 210$	$f'_{cr} = f_c + 70$
$210 \leq f_c \leq 350$	$f'_{cr} = f_c + 84$
$f_c > 350$	$f'_{cr} = 1,1 f_c + 50$

### II. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AG (TMN)

Según Dato

### III. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (Slump Recomendado por estructura)

Tipo de Construcción	Máxima	Mínima
Zapatas y Muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, calzaduras y subestructura de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

### IV. DETERMINACION DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA DE DISEÑO Y AIRE ATRAPADO O INCORPORADO POR TEMAS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

TABLA N°5 (DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA)

Requerimientos Aproximados De Agua De Mezclado Y De Contenido De Aire Para Diferentes Valores De Asentamiento Y Tamaños Máximos Nominales De Agregados.\* (Tabla 6.3.3 ACI 211 – 91 - Pag 14)

SLUMP	Agua en l/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8" (9.5 mm.)	1/2" (12.5 mm.)	3/4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	6" (150 mm)
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2" (25 a 50 mm)	207	190	190	170	168	154	130	113
3" a 4" (75 a 100 mm)	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" (150 a 175 mm)	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>Porcentaje (%) de Aire Atrapado</b>								
% Aire Atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2" (25 a 50 mm)	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4" (75 a 100 mm)	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7" (150 a 175 mm)	216	205	197	184	174	166	154	---
<b>Porcentaje (%) de Aire incorporado según el grado de exposición (Congelamiento)**</b>								
Exposición Leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición Severa	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

\* Estas cantidades de agua de mezclado se utilizarán en el cálculo del factor cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C33 ó ITINTEC 400.037). Los valores del asentamiento en concretos que contienen agregados con tamaño máximo mayor de 1 1/2", están basados en ensayos de asentamientos hechos después de retirar, por cernido húmedo las partículas mayores de 1/2".

- Véase la Norma ASTM C 33 para las tolerancias en agregados de mayor tamaño para diversos tamaños nominales máximos.

- Los contenidos de aire (para 50 mm a más) se aplican a la mezcla total, al igual que para los tamaños precedentes de agregado. Sin embargo, al ensayar estos concretos, se retira el agregado mayor de 37,5 mm sacándolo con la mano o mediante cribado y se determina el contenido de aire en la fracción de la mezcla de menos de 37,5 mm (la tolerancia en el contenido de aire incorporado se aplica a este valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula a partir del valor determinado en la fracción de menos de 37,5 mm.

\*\*Las especificaciones de obra deben especificar un contenido de aire en el concreto entregado en la obra entre el rango de -1 y +2 puntos porcentuales del valor anotado en la tabla para las exposiciones moderada y severa. Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hoyer (1995) presenta esta información en la forma de gráfico. (USO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO (Pag 154)

**V. SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA Y DURABILIDAD**  
**A.- POR RESISTENCIA**

**TABLA N°6: Selección de la relación agua/cemento por resistencia (f'c)**

f'c A LOS 28 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )*	C° S/ AIRE INCORPORADO	C° C/AIRE INCORPORADO
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33
450	0.38	0.31

\* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje del aire mostrado en la tabla N°5. Para una relación agua-cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

**B.- POR DURABILIDAD**

**TABLA N°4.2: Requisitos para condiciones especiales de exposición (rne e. 060 – pag 37)**

Condición de la exposición	Relación máxima A/mc (en peso) para C° de peso normal *	f'c mínimo (Kg/cm <sup>2</sup> ) para concretos de peso normal o con agregados ligeros*
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.50	280
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	310
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.40	350

**VI. DETERMINACIÓN DEL FACTOR CEMENTO (bls/m<sup>3</sup>)**

**VII. DETERMINACION DEL CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO**

**TABLA N° 7 Peso del Agregado grueso por unidad de Volumen del Concreto**

Tamaño máximo nominal del A.G.	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de C° para diversos módulos de finura (b/b <sub>o</sub> )			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8" - 9.5 mm.	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2" - 12.5 mm.	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4" - 19 mm.	0.66	0.64	0.62	0.60
1" - 25 mm.	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2" - 37.5 mm.	0.75	0.73	0.71	0.69
2" - 50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3" - 75.0 mm	0.82	0.80	0.78	0.76
6" - 150 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

b/b<sub>o</sub> : Resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cubica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso (Kg/m<sup>3</sup>)

$$\text{Peso del agregado Grueso} = (b/b_o) \times \text{Peso Seco Compactado}$$