

# **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

CIVIL



## **Resistencia del concreto de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% - Huaraz**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

**Autor**

Vásquez Salvador, Henry Antonio

**Asesor**

López Carranza, Atilio Rubén

**Huaraz – Perú**

**2018**

**PALABRAS CLAVE:**

---

Tema	Resistencia del Concreto, tecnopor
Especialidad	Tecnología del Concreto

---

**KEY WORDS:**

---

Topic	Concrete Resistance, technoport
Specialization	Concrete Technology

---

**LINEA DE INVESTIGACION**

---

Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub Área	2.1 Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

---

**Resistencia del concreto de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15% - Huaraz**

## RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnopor en la ciudad de Huaraz - 2017, el cual se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2017 - 2018, utilizando para ello agregados del río Santa (cantera de Tacllan), el tecnopor se compró en la ciudad de Huaraz, el cemento utilizado fue portland tipo I, con el fin de encontrar diferentes alternativas de materiales para ser aplicados en la elaboración del concreto disminuyendo el peso del mismo.

En esta investigación se hizo la sustitución del agregado grueso por tecnopor en porcentajes de 10% y 15 %, para lo cual se estudió las características físicas de los agregados (fino y grueso) consistente en su contenido de humedad, granulometría, gravedad específica y porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compactado, todas estas características fueron realizadas en el laboratorio de la Universidad San Pedro – Huaraz, así mismo se elaboraron probetas de concreto, los cuales fueron puesto a prueba a través de su resistencia a la compresión, resultando que la resistencia a la compresión del concreto patrón es superior en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5%.

## ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to determine the compressive strength of F'c concrete = 210 kg /cm<sup>2</sup> with the replacement of coarse aggregate by 10% and 15% by tecnoport in the city of Huaraz - 2017, which carried out in the city of Huaraz in the year 2017 - 2018, using aggregates from the Santa river (Tacllan quarry), the tecnoport was purchased in the city of Huaraz, the cement used was Portland type I, in order to find different alternatives of materials to be applied in the manufacture of concrete, decreasing its weight.

In this investigation he made the substitution of the coarse aggregate by tecnoport, for which he studied the physical characteristics of the aggregates (fine and coarse) consisting of its moisture content, granulometry, specific gravity and percentage of absorption, loose and compacted unit weight, all these characteristics were realized in the laboratory of the University San Pedro - Huaraz, likewise they were made concrete test tubes, which were put to test through their resistance to the compression, being that the resistance to the compression of the concrete is superior in 2.85% to the experimental concrete with the replacement of the coarse aggregate by tecnoport in a 10%; while the experimental concrete with the replacement of coarse aggregate by tecnoport by 15% exceeds by 5%.

## INDICE GENERAL

Palabras Clave, Key Words, Linea de Investigacion	i
Titulo de investigacion	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice	v
i). Introducción	1
ii). Metodología	35
iii). Resultados	38
iv). Análisis y Discusión	46
v). Conclusiones	47
vi). Recomendaciones	48
vii). Referencias Bibliográficas	49
viii). Agradecimientos	52
ix). Anexos y Apéndices	53

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Propiedades físicas del EPS	20
Tabla N° 2 Propiedades químicas	22
Tabla N° 3 La estabilidad química del EPS	23
Tabla N° 4 Esquema del diseño experimental	35
Tabla N° 5 Técnicas e instrumentos	36
Tabla N° 6 Granulometría del tecnopor utilizado como sustitución del agregado grueso.	38
Tabla N° 7 Peso específico y porcentaje de absorción del tecnopor	39
Tabla N° 8 Peso unitario suelto y compactado del tecnopor	39
Tabla N° 9 Resultados de análisis de pH	39
Tabla N° 10 Peso húmedo y seco de las probetas del concreto patrón y experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%	40
Tabla N° 11 Reducción de peso en 1m <sup>3</sup>	40
Tabla N° 12 Resistencias a la compresión del concreto patrón $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	40
Tabla N° 13 Resistencias a la compresión del concreto experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10% por tecnopor	41
Tabla N° 14 Resistencias a la compresión del concreto experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 15% por tecnopor	41
Tabla N° 15 Resistencias a la compresión promedio de las probetas del concreto patrón y experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%	42

Tabla N° 16 Resistencias a la compresión promedio de las probetas del concreto patrón y experimental $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%, expresado en porcentajes	43
Tabla N° 17 Costo del tecnopor	43
Tabla N° 18 Análisis de varianza para determinar las diferencias en las resistencias del concreto patrón y experimentales $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%	45
Tabla N° 19 Contenido de humedad del Agregado Fino ASTM D 216-71 (Agregado fino)	54
Tabla N° 20 Contenido de humedad del agregado grueso ASTM D 216-71 (Agregado grueso)	54
Tabla N° 21 Granulometría del Agregado Fino	55
Tabla N° 22 Granulometría del Agregado Grueso	56
Tabla N° 23 Gravedad específica y absorción del agregado fino	57
Tabla N° 24 Gravedad específica y absorción del agregado grueso.	57
Tabla N° 25 Peso unitario del agregado fino	58
Tabla N° 26 Peso unitario del agregado grueso	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Obtención de polímero expandible	14
Figura N° 2 Obtención de estireno	14
Figura N° 3 Clasificación de poliestireno expandido según su densidad	17
Figura N° 4 Color del EPS	17
Figura N° 5 Resistencia a la compresión del EPS de acuerdo a la densidad	18
Figura N° 6 Capacidad de aislamiento térmico del poliestireno expandido	19
Figura N° 7 Poder calorífico	28
Figura N° 8 Aplicaciones del EPS en la edificación De puentes	31
Figura N° 9 Curva granulométrica del tecnopor	38
Figura N° 10 Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales por días	44
Figura N° 11 Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales, expresado en porcentajes respecto a la resistencia de diseño por días	44
Figura N° 12 Curva granulométrica del agregado fino	55
Figura N° 13 Curva Granulométrica del agregado grueso	56

## I). INTRODUCCIÓN

De los antecedentes, se tomó en cuenta alguna de los más importantes que permitieron realizar la presente investigación, según:

Águila (2011), en su investigación sustituyó parcialmente los áridos finos por perlitas de EPS, manteniendo constante los áridos gruesos. Los puntos estudiados fueron un patrón con 0 % de perlita y tres concretos experimentales con la sustitución del 10%, 20% y 30%, la conclusión a la cual llegó es que es factible técnicamente emplear perlitas de EPS hasta el 20% de sustitución de áridos finos por perlitas.

Martinez & Santilez (2012), en la investigación que realizaron emplearon Poliestireno expandido como sustitución parcial de áridos en bloques, con lo cual buscaron emplear perlitas de poliestireno expandido como materia prima en la fabricación de bloques huecos de hormigón, llegaron a las siguientes conclusiones: El poliestireno expandido proporciona grandes ventajas y aplicaciones para determinados tipos de construcciones ligeras por su fácil obtención y alcance.

El reciclado del poliestireno expandido contribuye al saneamiento y protección del medio ambiente.

Es necesario realizar una correcta gestión del residuo de poliestireno expandido, para alcanzar esta meta se requiere que los organismos involucrados en nuestro país lo incluyan dentro de los materiales reciclables para su uso como árido ligero en la construcción, para lo cual es necesario sumar a los principales gestores de este material, la localidad y el gobierno municipal.

La adición de perlitas de poliestireno expandido, propicia un ahorro de las materias primas a utilizar para la conformación de bloques de 10 cm de espesor. Aunque se debe tener en cuenta el consumo de energía del molino de martillo, que es el encargado de llevarlo a su forma de utilización.

Con el empleo de perlitas de poliestireno expandido, se logra un bloque hueco de 10 cm de espesor que conserva las características mecánicas y disminuye su peso.

Se propone para la utilización de perlitas de poliestireno expandido EPS la dosificación con 20 % de sustitución de este material por áridos (cemento P-350 = 187.5 kg, arena=0.313m<sup>3</sup>, granito 10-5mm=0.375 m<sup>3</sup> y perlita de poliestireno=0.188 m<sup>3</sup> para confeccionar 1m<sup>3</sup> de mezcla de hormigón) pues este cumple con las propiedades físico mecánicas exigidas.

Hernández (2011), en su investigación, buscó determinar las características mecánicas a compresión que adquiere el concreto, al adicionarle materiales de reciclaje, en este caso, el plástico y las llantas, quien arribó a las siguientes conclusiones:

Que la adición de los materiales de reciclaje redujo la resistencia a la compresión del concreto, siendo dicha reducción mayor en el concreto con material de llanta, asimismo la resistencia a la compresión alcanzada por la mezcla patrón fue menor a la resistencia para la cual fue diseñada, esto se debió seguramente a deficiencias en la calidad de los agregados pétreos utilizados en la misma, el concreto con materiales de reciclaje mantuvo su peso alrededor de los valores promedio, a pesar de la adición de los materiales de reciclaje que son más livianos y las mezclas con materiales de reciclaje, estudiadas, presentan características aptas para usos no estructurales; sin embargo, poseen la ventaja de ser un método de mitigación de daños ambientales producidos por este tipo de desechos.

Condori A., Laines K., Valderrama B., Santos C., y Villalobos J., Gutarra M, Vega J y el Ing. José Masías, al (2017); Luego de meses de arduo trabajo, un equipo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería y miembros del grupo estudiantil ACI-UNI, resultaron ganadores del concurso mundial "Egg Protection Device Competition", organizado por el American Concrete Institute (ACI). Este concurso puede Catalogarse como el "Mundial del concreto", ya que es organizado por la entidad máxima del concreto a nivel mundial.

El concurso internacional consistió en un pórtico de concreto armado sometido a cargas de impacto a diferentes alturas. El equipo cuyo pórtico aguantaba la mayor cantidad de impactos a una altura de tres metros obtenía el mayor puntaje. Se otorgaban mayores puntos al pórtico de menor peso, por lo que el gran reto del equipo

fue conseguir una mezcla de concreto lo más ligera y resistente posible. Así mismo, resultando que el concreto preparado cumple las resistencias de diseño y es liviano.

En la investigación realizada por García (2013), se trató de determinar la factibilidad de los bloques de hormigón con agregados de residuos plásticos ABS, llegando a obtener las siguientes conclusiones:

Que el bloque de 6" con plástico ABS es factible operacionalmente, ya que el proceso de fabricación fue exactamente igual al de un bloque convencional. Los resultados arrojaron que el funcionamiento de la máquina no se ve afectado por la sustitución de gravilla por plástico ABS triturado, es decir, que las variables operativas de rendimiento, velocidad y tiempo de compactación de máquina en este tipo de bloques no son afectadas en comparación a lo convencional. Además, en cuanto a los resultados de peso, es notable que el ABS por su menor peso específico reduce el peso promedio del block de 6" en 2lb para una sustitución del 40% de gravilla. Contrario a lo que se podría creer, el uso de plástico ABS en bloques de 6" no sólo cumple con los parámetros de ASTM, sino que supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural. Adicional a esto, la forma de falla en los bloques de 6" con plástico ABS es exactamente igual a la de los convencionales, por lo que se concluye que el ABS no afecta al bloque en ese sentido. Las dimensiones también se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por lo que no se hizo hincapié en esto dentro de la investigación.

Así mismo en la investigación realizada por Reyna (2016), busco determinar los resultados de la reutilización de los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo, quien llego a las siguientes conclusiones: que el reutilizar los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo, quedando demostrado que, si se pueden reutilizar estos residuos, en los porcentajes propuestos, para reemplazar los áridos del concreto. También se determinó el diseño de mezcla para el concreto conteniendo los residuos

de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, siendo los porcentajes en peso propuestos 5%, 10% y 20%. Asimismo, se determinó la resistencia de compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ) del concreto conteniendo los residuos de plástico PET, bagazo de caña de azúcar y papel, obteniéndose el resultado de  $459.26 \text{ kg/cm}^2$  para el concreto conteniendo plástico PET al 5% en peso como la resistencia más óptima. La tendencia que se pudo observar es que la resistencia a la compresión del concreto conteniendo los residuos disminuye conforme se aumenta el % en peso de los residuos. Y finalmente se realizó el análisis de costos unitarios del concreto normal y el concreto conteniendo los residuos de plástico PET al 20%, como resultado se obtuvo que hay un ahorro de S/. 14.25 al utilizar plástico PET.

La presente investigación tiene su fundamento en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios de la resistencia de materiales, así como en las investigaciones realizadas sobre la resistencia del concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con la sustitución del agregado grueso por otros materiales.

El presente estudio, se busca determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnopor en la ciudad de Huaraz - 2017, cuyos resultados desde el punto de vista de la ingeniería de la construcción permitirán implementar este tipo de agregado al concreto, trayendo consigo beneficios aumentando la posibilidad de que el trabajo en la mezcla sea positivo, duradero y lo más importante resistente. Su importancia se debe a que el concreto elaborado con material de tecnopor tiene menor peso que el concreto convencional, esta propiedad se puede aprovechar ya que se estaría disminuyendo el peso total de toda obra de ingeniería manteniendo la resistencia

La investigación se justifica técnicamente porque el concreto con la sustitución del agregado grueso por tecnopor, está basado en los fundamentos científicos de la tecnología del concreto.

Se justifica económica y social y ambientalmente; debido a que el diseño de concreto será más beneficioso ya que se utilizará menos cantidad de agregado grueso.

En tal sentido, el presente proyecto está encaminado a determinar comparativamente la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas de concreto con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en los porcentajes indicados, el análisis comparativo también implica la comparación con la resistencia a compresión del concreto sin adición (concreto patrón) para una fuerza de compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.) pueden producir concretos de distintas resistencias (Cerón et al. 1996)

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta. ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituye el agregado grueso por tecnopor en 10% y 15%, Huaraz, 2017?

El concreto es un material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Díaz, 2010).

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

De estas definiciones se puede conceptuar que el concreto es un producto híbrido cuyas características son el resultado de los aportes de las reacciones físico químicas de la interacción de cada componente.

El concreto es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas,

especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2009).

Somayaji (1995). Indica que el concreto es uno de los materiales más comunes en la construcción por gran variedad de aplicaciones, que van desde la estructura de un edificio hasta vías de ferrocarriles. También es usado en fundiciones, pavimentos, carreteras, tanques de almacenamiento y muchas otras estructuras. De hecho, es difícil encontrar una estructura en la que no se haya usado concreto de alguna manera para su construcción. Además, es uno de los materiales de construcción más económicos y versátiles.

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra chancada) y agua. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras (Osorio, 2013).

**La trabajabilidad:** Es una propiedad muy importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

**Impermeabilidad:** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Las principales propiedades del concreto fresco: Trabajabilidad, consistencia, compacidad, segregación, exudación, contracción, peso unitario, contenido de aire.

En el estado endurecido el concreto presenta las siguientes propiedades: Resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad, estabilidad volumétrica, elasticidad, etc.

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

### **Resistencia a la compresión:**

Neville (1999). Indica que algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Mather & Ozyildirim, 2004).

Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Céspedes, 2003);

### **Diseño de mezcla de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> propuesto por ACI.**

Abanto (2009), indica que el diseño de concreto es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, se denomina también diseño de mezcla, se define como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en estado no endurecido tenga las propiedades, especialmente trabajabilidad y consistencia, deseadas, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y especificaciones de obra.

La selección de las proporciones de la mezcla está determinada por:

- ✓ Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, que son requerimientos del diseñador o que se encuentran indicadas en las especificaciones de obra.
- ✓ Las propiedades del concreto en estado no endurecido, que dependen del tipo y característica de la obra y de las técnicas empleadas en la colocación del concreto.
- ✓ El costo de la unidad cúbica de concreto.

Si se toma en cuenta estos criterios, se podrá obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales que componen la unidad cúbica de concreto. Pero estas proporciones, sea cual fuere el procedimiento para determinarlas, deberán ser siempre consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en laboratorio y obra.

### **Materiales y ensayos:**

La propiedad mecánica más importante del concreto es su resistencia a la compresión  $f'_c$ , la cual depende de muchos factores como la calidad y proporción de sus materiales, la edad, la forma de elaboración y manejo del concreto fresco y su curado. Los principales factores que influyen en la resistencia se describen a continuación.

### **Agregados:**

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Los agregados o áridos ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, su uso tiene la finalidad de disminuir costos, brindar resistencia a la aplicación de carga y a la abrasión, además contrarrestar la filtración de humedades y la acción de otros agentes externos.

Los agregados, normalmente obtenidos de cantera o de explotaciones en fuentes hídricas superficiales, son todo material se entiende todo material granular como la arena, la grava, piedra triturada o residuos de hierro de los hornos, que son usados con un medio cementante para formar concretos o morteros (ASTM C125). La proporción de agregados oscila entre setenta a ochenta por ciento de la mezcla que se prepare (Serrano, 2010). La forma, textura y angular entre otras características del material pétreo tienen especial efecto en la resistencia y durabilidad del concreto. (Serrano, 2010).

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Son los agregados que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos fluviales (arenas y gravas de ríos) o de glaciales y de canteras de diversas rocas. Se pueden aprovechar en su gradación natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas, dependiendo del tipo de hormigón que se desea fabricar.

### **Clasificación de los agregados:**

Según, (Abanto Castillo, 2009) “Tecnología del concreto”. Los agregados se clasifican básicamente en agregado grueso y agregado fino.

### **Agregado fino:**

Neville (1999), indica que el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la NTP 400.037. La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla).

Rivva, (2007) afirma que el agregado fino debe tener un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla. Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8” y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. Podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. Debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### **Agregado Grueso.**

Según Rivva, (2007). En su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada,

pedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, A., 1999).

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados o

1/3 de la altura de las losas o

¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

### **Cemento:**

Abanto (2009). Define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. También podemos decir de manera general que el cemento es cualquier material que posee propiedades cohesivas

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos que se indican: (Rivva, 2004).

Las especificaciones para cementos Portland de la Norma ASTM C 150 o NTP, en el caso de los cementos Tipo I (NTP 334.009), Tipo II (NTP 334.038), Tipo V (NTP334.040).

Las especificaciones para cementos hidráulicos Combinados de la Norma ASTM C 595 en el caso de los cementos IP y Tipo IP (M) (NTP 334.044).

Las especificaciones ASTM y/o NTP correspondientes para otros tipos de Cemento si los hubiera.

### **Componentes químicos:**

Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto, 2009, pág. 16)

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450 °C) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto, 2009, pág. 15)

Existen diferentes tipos de cemento que son:

**TIPO I:** Para uso general en la construcción con hormigón en condiciones normales, destinados a usos generales: estructuras, pavimentos, bloques, tubos de hormigón.

**TIPO II:** Adecuado en general para obras hidráulicas por su calor de hidratación moderado y su regular resistencia a los sulfatos.

**TIPO III:** Rápida resistencia alta, recomendable para sustituir al tipo I en obras de emergencia; adquiere una determinada resistencia, en igualdad de condiciones, en la tercera parte del tiempo que necesita para ello el cemento tipo I.

**TIPO IV:** De bajo calor, adecuado para la construcción de grandes espesores (presas) porque su calor de hidratación es muy reducido.

**TIPO V:** De alta resistencia a los sulfatos, recomendable en cimentaciones expuestas a la acción de aguas sulfatadas y agresivas.

**Tecnopor o Poliestireno expandido:**

El Poliestireno Expandido, o de forma abreviada EPS, es una espuma plástica, rígida y ligera fabricada a partir de perlas de poliestireno que contienen una pequeña cantidad de un agente expándete el pentano. Cuando estas perlas se someten a alta temperatura mediante vapor de agua, el pentano se evapora expandiendo las perlas en una primera fase hasta 50 veces su volumen inicial. Tras un almacenaje o maduración de las perlas preexpandidas, se someten nuevamente a inyección de vapor confinadas en moldes cerrados, expandiéndose nuevamente hasta soldarse entre sí para formar bloques o formas adaptadas a aplicaciones específicas, quedando así el EPS listo para su incorporación en el mercado.

El poliestireno expandido se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible. Esta materia prima, es un polímero del estireno (plástico celular y rígido) que contiene un agente expansor: el pentano.

Como todos los materiales plásticos, el poliestireno expandido deriva en último término del petróleo.



Figura N° 1 Obtención de polímero expandible

Fuente: <http://ambitocientificotecnologicoiescm.blogspot.pe/2012/04/la-obtencion-de-plastico-sara-y-mayte.html>

A partir del procesado del gas natural y el del petróleo se obtienen, mayoritariamente como subproductos, el etileno y diversos compuestos aromáticos. De los cuales obtenemos el estireno.



Figura N° 2 Obtención de estireno

Fuente. Construcción con paneles de poliestireno expandido Universidad Politécnica de Cartagena.

Este estireno monómero junto con el agente expansor (pentano) sufre un proceso de polimerización en un reactor con agua dando lugar al poliestireno expandible, la materia prima de partida para la fabricación del poliestireno expandido. Una vez obtenido el poliestireno expandible, materia prima del poliestireno expandido,

utilizaremos métodos puramente físicos para obtener el EPS. Estos métodos constan en cuatro etapas que a continuación se explicarán:

### **Etapas: preexpansión**

La materia prima se calienta en unas máquinas especiales denominadas preexpansores, con vapor de agua a temperaturas situadas entre aproximadamente 80 – 100 °C. En función de la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m<sup>3</sup> a densidades que oscilan entre los 10 – 30 kg/m<sup>3</sup>. En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

### **Etapas: reposo intermedio y estabilización**

Cuando las partículas recién expandidas se enfrían, se crea un vacío en su interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. Para ello, el material se deja reposar en silos ventilados durante un mínimo de 12 horas. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Dependiendo de la densidad aparente del poliestireno expandido a transformar, puede someterse la materia prima preexpandida a una segunda preexpansión, o bien, directamente pasar al proceso de transformación propiamente dicho.

### **Etapas: proceso de transformación**

La perla expandida entra en un bloque en el que se ve sometida a un proceso de soldadura, que se consigue mediante su sometimiento a una aportación de vapor de agua durante un periodo que varía según el tipo de densidad aparente de la pieza a obtener, proceso realizado en una autoclave, después de un proceso de estabilización sale de la máquina un bloque. El moldeado es un proceso similar al del bloque, solo que éste se realiza en una máquina en la cual hay un molde con la forma concreta de la pieza que se va a fabricar. En este proceso el material se introduce en el molde y es soldado mediante aporte de calor. Los bloques de poliestireno expandido obtenidos pueden ser cortados en planchas como último paso del proceso de fabricación para

dejar el material preparado para servir al consumidor. Dicho proceso se lleva a cabo mediante la utilización de una mesa de corte en tres dimensiones en la que hay dispuesto un sistema de hilos calientes que nos permiten hacer del bloque tantas planchas como sea posible de las medidas requeridas. El tamaño final de cada plancha puede ser ajustado para satisfacer las necesidades de los clientes. Cuando es necesario obtener formas más complicadas, el bloque es mecanizado en pantógrafos de control numérico, que permite realizar cortes en dos dimensiones.

### **Características generales del eps**

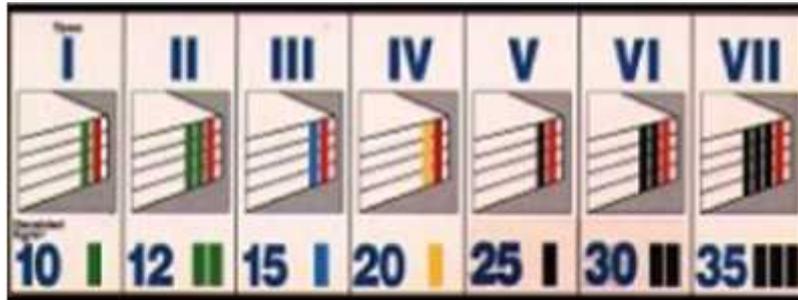
Las propiedades del poliestireno expandido se pueden clasificar en cuatro grupos:

- ✓ Propiedades físicas;
- ✓ Propiedades químicas;
- ✓ Propiedades biológicas;
- ✓ Propiedades frente al fuego.

### **Propiedades físicas**

#### **Densidad**

Los productos y materiales de poliestireno expandido se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros y a la vez resistentes. En función de la aplicación el EPS se clasifica según su densidad, éstas se sitúan en el intervalo que va desde los 10 kg/m<sup>3</sup> hasta los 35 kg/m<sup>3</sup>. La norma UNE 92110 establece una serie de tipos normalizados en función de la densidad. Los números romanos establecen la clasificación del EPS dependiendo de su tipo, son equivalentes las franjas verdes, azul, amarilla y negra; igualmente los números inferiores permiten identificarlo según su densidad. La franja roja situada al lado derecho, significa que el EPS se clasifica como M1 autoextinguible, ensayo de reacción al fuego según la norma UNE 23727.



*Figura N° 3 Clasificación de poliestireno expandido según su densidad*  
*Fuente: norma UNE 23727*

### **Color**

El color natural de poliestireno expandido es blanco, esto se debe a la refracción de la luz. Familiarmente el poliestireno expandido es conocido como corcho blanco.



*Figura N° 4 Color del EPS*  
*Fuente: Construcción con paneles de poliestireno expandido Universidad Politécnica de Cartagena*

### **Resistencia mecánica**

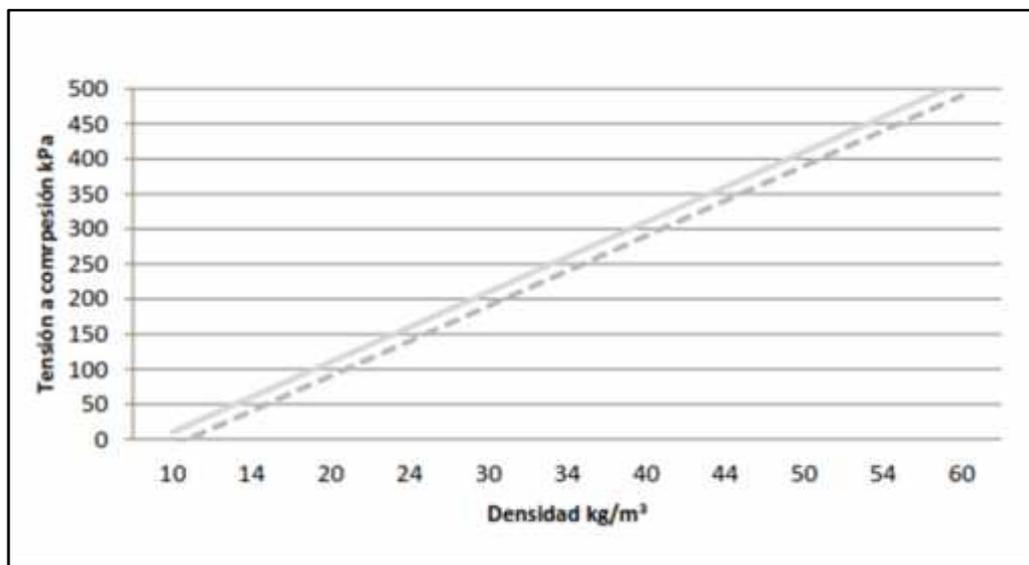
La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de poliestireno expandido se estudia generalmente a través de las propiedades siguientes:

- ✓ Resistencia a compresión para una deformación del 10%;
- ✓ Resistencia a flexión;
- ✓ Resistencia a tracción;
- ✓ Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante

Estas propiedades son exigidas en los productos de EPS sometidos a cargas (suelos, cubiertas, aislamiento perimetral muros...). En la práctica, la deformación del EPS en estas aplicaciones es menor al 10 % marcado. Este parámetro se escogió para tener repetitividad en los resultados ya que los productos de EPS tienen una deformación

por fluencia de compresión inferior al 2 % o menos, después de 50 años, mientras estén sometidos a una tensión permanente de compresión de 0,30 Kpa.

Para cada tipo de materia prima, la densidad del material guarda una estrecha correlación con las propiedades mecánicas. A continuación, se muestra una gráfica con los valores alcanzados por la resistencia a compresión en función de la densidad aparente de los materiales de EPS.



*Figura N° 5 Resistencia a la compresión del EPS de acuerdo a la densidad  
Fuente: Construcción con paneles de poliestireno expandido Universidad Politécnica de Cartagena*

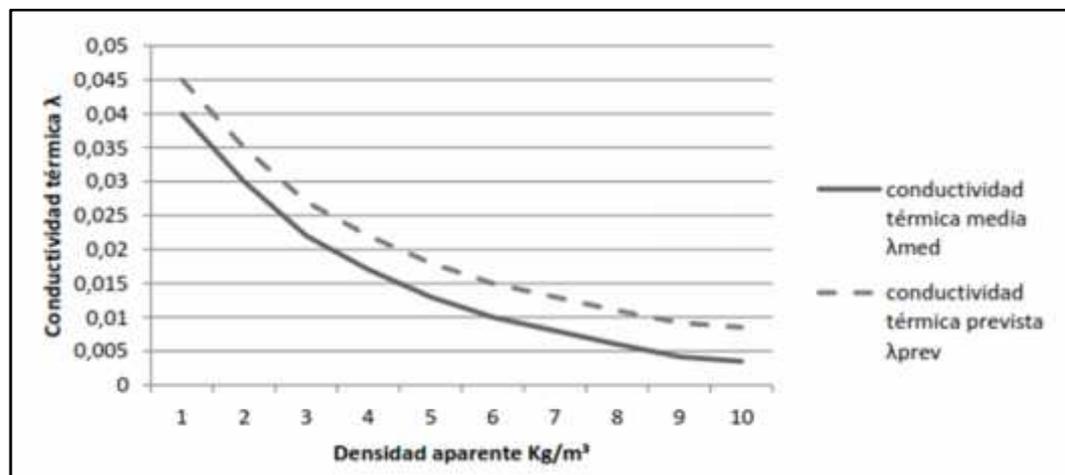
### **Comportamiento frente al agua y al vapor de agua**

El poliestireno expandido no es un material higroscópico, es decir, no tiene capacidad de absorber agua. Incluso sumergiendo el material durante 28 días en su totalidad en agua, la absorción del material oscila entre 1 % y 3 % de su volumen. Estos niveles se pueden reducir considerablemente con las nuevas tecnologías aplicables en la elaboración de la materia prima. En cambio, cuando entre los dos laterales del material se establece una diferencia de presiones y temperaturas el vapor de agua penetra en el interior de la estructura celular del EPS.

Para determinar la resistencia de difusión del vapor de agua, se utiliza el factor  $\mu$  que indica cuantas veces es mayor la resistencia a la difusión del vapor de agua de un material con respecto a una capa de aire de igual espesor (para aire  $\mu = 1$ ). Para los productos de poliestireno expandido el factor  $\mu$ , en función de la densidad, oscila entre el intervalo  $\mu = 20$  a  $\mu = 100$ . Como referencia, la fibra de vidrio tiene un valor  $\mu = 1$  y el poliestireno extruido  $\mu = 150$ .

### Aislamiento térmico

El poliestireno expandido es un material con excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. Se debe a la propia estructura del material, que esencialmente consiste en aire oculto dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente el 98 % del volumen del material es aire (el aire en reposo es un excelente aislante térmico) y únicamente el 2% es poliestireno (materia sólida). La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica que en el caso de los productos de EPS varía (al igual que las propiedades mecánicas) con la densidad aparente.



*Figura N° 6 Capacidad de aislamiento térmico del poliestireno expandido*

*Fuente: Construcción con paneles de poliestireno expandido Universidad Politécnica de Cartagena*

## **Comportamiento frente a factores atmosféricos**

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento pueden lograr a erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos. Debido a que estos efectos sólo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración.

## **Estabilidad dimensional**

Los productos de poliestireno expandido, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debido a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de la dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en valores que oscilan en el intervalo de  $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}$ , es decir entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado Kelvin. Un caso práctico de lo explicado anteriormente es por ejemplo, una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 m de longitud y sometida a un salto térmico de 20°C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.

## **Estabilidad frente a la temperatura**

El poliestireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica. El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad, sin que sus propiedades se vean afectadas, no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100 °C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80 °C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 Kpa.

*Tabla N° 1 Propiedades físicas del EPS*

PROPIEDADES	NORMA UNE	UDS.	TIPOS EPS							
			TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	TIPO VII	

Densidad nominal	EN-1602	Kg/m3	10	12	15	20	25	30	35
Densidad mínima		Kg/m3	9	11	13.5	18	22.5	27	31.5
Espesor mínimo		mm	50	40	30	20	20	20	20
Conductividad térmica I (10°C)	92201	W(mK)	46	43	39	36	35	34	33
Tensión por compresión con deformación del 10%,(s10)	EN-826	KPa	30	40	65	100	150	200	250
Resistencia permanente a la compresión con una deformación del 2%		KPa	-	-	15-25	25-40	35-50	45-60	55-70
Resistencia a la flexión (sB)	EN-12089	KPa	50	60	100	150	200	275	375
Resistencia al cizallamiento	EN-12090	KPa	25	35	50	75	100	135	184
Resistencia a la tracción	EN-1607 EN-1608	KPa	-	<100	110-290	170-350	320-410	300-480	420-580
Módulo de elasticidad		KPa	-	<1.5	1.6-5.2	3.4-7.0	5.9-7.2	7.7-9.5	9-10.8
Indeformabilidad al calor instantánea		°C	100	100	100	100	100	100	100
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m2		°C	75	75	75	80	80	80	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K(xg-5)	05-jul						
Capacidad térmica específica		J/(kgK)	1210	1210	1210	1210	1210	1210	1210
Clase de reacción al fuego		-	M1-ó M4						
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	EN-12087	%(vol)	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	EN-12087	%(vol)	01-Mar						

Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua	92226	I	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120
--	-------	---	-----	-----	-------	-------	-------	--------	--------

*Fuente: AENOR(asociacion Española de normalizacion y certificacion)*

## Propiedades químicas

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

*Tabla N° 2 Propiedades químicas*

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensoactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (35%), ácido nítrico (50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esterés,)	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceites de diésel	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
carburantes	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metano, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

*Fuente: AENOR(asociacion Española de normalizacion y certificacion)*

**Tabla N° 3 La estabilidad química del EPS**

Sustancia	Sustancia	Sustancia
Agua +	Ácidos débiles:	Acrilonitrillo -
Agua de mar +	Ácido carbónico +	Cetonas -
Lejías:	Acido critico +	Diluyentes para lacas -
Agua amoniacal +	Ácido húmico +	Dimetilformamida -
Agua de cal +	Ácido láctico +	Ester -
Lejías blanqueantes +	Acido tartárico +	Eter -
Potasa caustica +	Gases:	Hidrocarburos -
Soluciones jabonosas +	a)Inorgánicos	Halogenos -
Sosa caustica +	Amoniac -	Tetrahidrofurano -
Ácidos diluido:	Bromo -	Mat.Const.Inorganicos:
Ácido acético,50% +	Cloro -	Anhidrita +
Ácido clorhídrico,7% +	Dióxido de azufre -	Arena +
Ácido clorhídrico,18% +	b)Orgánicos	Cal +
Ácido flourhidrico,4% +	Butadieno -	Cemento +
Ácido flourhidrico,40% +	Butano -	Yeso +
Ácido formico,50% +	Buteno -	Mat.Const.Organicos:
Ácido fosfórico,7% +	Etano +	Bitumen +
Ácido fosfórico,50% +	Eteno +	Bitumen frio +
Ácido nítrico,13% +	Etino +	Masilla base acuosa +
Ácido nítrico,50% +	Gas natural +	Masilla base disolvente -
Ácido sulfúrico,10% +	Metano +	Hidrocar aromático:
Ácido sulfúrico,50% +	Oxido de propileno -	Benceno -
Ácidos concentrados:	Propano +	Cumeno -
Ácido acético,96% -	Propeno +	Estireno -
Ácido clorhídrico,36% +	Gases licuados	Etibenceno -

---

Ácido formico,99% +

a)Inorgánicos:

Fenol,sol.Acu 1% +

---

*Fuente: Universidad Politécnica de Cartagena.*

### **Propiedades biológicas**

El poliestireno expandido es imputrescible, no enmohece y no se descompone, debido a que no constituye substrato nutritivo alguno para los microorganismos. Aunque el EPS no sea un material biológicamente atacable, en presencia de mucha suciedad el poliestireno expandido puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecida, cualidad por la que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio. En cuanto al efecto a consecuencia de las temperaturas, mantiene las dimensiones estables hasta los 85 °C y no produce descomposición ni formación de gases nocivos.

### **Comportamiento frente al fuego**

Las materias primas que componen el poliestireno expandido, son polímeros y copolímeros del estireno, que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todo ellos, en principio, son materiales combustibles. El agente de expansión, los hidrocarburos, se volatilizan progresivamente durante el proceso de transformación. El 10 % residual, requiere de una fase de almacenamiento durante un tiempo determinado, en función de las especificaciones del producto final: dimensiones, densidad, resistencia, etc. En el caso de tener que hacer uso de estos productos antes de cumplir esta fase de almacenamiento, se tendrán que tomar medidas de prevención contra incendios. Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, los productos de poliestireno expandido, se reblandecen lentamente y se contraen, si la temperatura sigue aumentando, se funden. Si la exposición a estas temperaturas persiste, el material fundido emite unos productos de descomposición de tipo gaseoso e inflamable. En ausencia de un foco de ignición, los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 °C. Existen diferentes

tipos de materia prima utilizadas en la fabricación de poliestireno expandido, con sus propiedades específicas, que son las que determinan el desarrollo, la amplitud, la intensidad y duración del incendio. Todo esto determina que el EPS se pueda clasificar según dos grupos: el de tipo estándar (M4) y el autoextinguible (M1).

Un material de tipo M1 autoextinguible, si hablamos del poliestireno expandido, es aquel que está tratando con productos ignífugantes, y que si se expone a una llama, en principio se contrae. Solamente arderá si la exposición a la llama se prolonga y la forma de propagación de la llama se produce a una velocidad muy baja y sólo en la superficie del material.

Un material M4 hablamos de materiales combustibles y fácilmente inflamables, donde el material experimenta un alto índice de combustibilidad y emite gases que, con una alta probabilidad, causan que el material arda.

Para calibrar las diferentes situaciones de riesgo ante los incendios que comporta el uso del poliestireno expandido, deben tenerse en cuenta factores derivados de sus contenido, forma y entorno. Así, se puede alterar este comportamiento y hacerlo más favorable aplicando recubrimientos y revestimientos. Esto en el caso de aplicaciones en el mundo de la construcción, es un hecho.

### **Factores medio ambientales**

Hoy en día se está imponiendo el concepto de desarrollo sostenible en el que se tienen en cuenta los factores medioambientales ligados a un determinado producto, en este caso el poliestireno expandido.

El 50% del EPS se utiliza para aplicaciones duraderas como el aislamiento térmico de los edificios, o como material de aligeramiento en diferentes construcciones. El hecho de que cada vez se recicle una mayor cantidad de embalajes de EPS implica que la cantidad de residuos de este material que finalizan en la corriente de residuos sólidos urbanos sea cada vez más reducida.

A continuación se muestra el Decálogo Medioambiental del EPS:

- ✓ El EPS es 100% reciclable y existen numerosas aplicaciones para los materiales recuperados;

- ✓ La fabricación y utilización del EPS no supone ningún riesgo para la salud de las personas ni para el medio ambiente;
- ✓ El EPS no daña la capa de ozono al no utilizar, ni haber utilizado nunca, en sus procesos de fabricación gases de la familia de los CFCs, HCFCs, ni ningún otro compuesto organoclorado;
- ✓ La utilización del EPS como aislamiento térmico en la construcción supone un ahorro importantísimo de energía en la climatización de edificios y una drástica disminución de emisiones contaminantes (CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>), contribuyendo de esta forma a paliar el "Efecto Invernadero" y la "Lluvia Ácida".
- ✓ Los envases/embalajes de EPS, dadas sus prestaciones, además de proporcionar una protección integral a los productos envasados ahorran combustible en el transporte porque es un material muy ligero;
- ✓ Los envases/embalajes de EPS pueden estar en contacto directo con los alimentos puesto que cumplen todas las normativas sanitarias vigentes a nivel nacional e internacional. Además, el EPS no actúa como soporte de cultivos de hongos y bacterias;
- ✓ El EPS representa un 0,1% de los Residuos Sólidos Urbanos que se producen en España. La incidencia del EPS en el conjunto de los residuos que genera nuestra sociedad es mínima;
- ✓ Los productos de EPS encierran un alto potencial calorífico (1 Kg de EPS equivale a 1,3 litros de combustible líquido), lo que le convierte en un material idóneo para la recuperación energética;
- ✓ Por ser insoluble en agua, el EPS no emite sustancias hidrosolubles que puedan contaminar las aguas subterráneas.

Existen, principalmente, tres opciones para el aprovechamiento del EPS una vez acabada su función para la que fue creado:

### **Reciclado mecánico**

El poliestireno expandido puede reciclarse mecánicamente a través de diferentes formas y para diversas aplicaciones. A continuación se explicarán las cuatro maneras de reciclado mecánico del EPS:

### **Fabricación de nuevas piezas de eps**

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

### **Mejora de suelos**

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

### **Incorporación a otros materiales de construcción**

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

### **Producción de granza de eps**

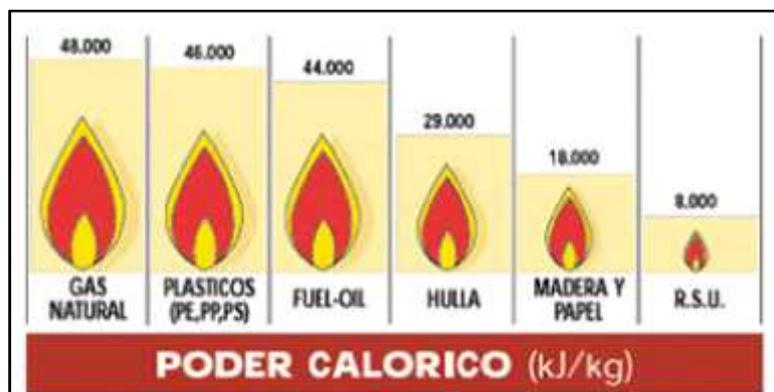
Los embalajes de EPS usados se transforman fácilmente mediante simples procesos de fusión o sinterizado obteniéndose nuevamente el material de partida: el poliestireno compacto-PS en forma de granza. La granza así obtenida puede utilizarse para fabricar piezas sencillas mediante moldeo por inyección,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

### **Recuperación energética**

La recuperación energética es la obtención de energía, normalmente en forma de calor, a partir de la combustión de los residuos. Este proceso es una opción de gestión de los residuos muy adecuada para aquellos productos y materiales que por diversos motivos no pueden ser reciclados fácilmente. Para los residuos "sucios" como las cajas de pescado o los semilleros, la recuperación energética es una opción de gestión de residuos seguros y adecuados con la que se puede obtener un beneficio medioambiental de los mismos a través del aprovechamiento de su energía intrínseca.

La combustión del EPS en instalaciones de recuperación energética no produce gases dañinos ya que las emisiones se controlan y filtran cuidadosamente. En las modernas plantas de combustión el EPS libera la mayor parte de su contenido energético en forma de calor ayudando a la combustión de otros residuos y emitiendo únicamente dióxido de carbono, vapor de agua y trazas de cenizas no tóxicas. Es importante destacar que el EPS no contiene ningún gas de la familia de los CFCs.

Los plásticos, como el EPS, de hecho "toman prestada" la energía contenida en el petróleo que se utiliza para su fabricación y más tarde la "devuelven" tras su utilización cuando se utilizan como combustible en los procesos de recuperación energética.



*Figura N° 7 Poder calorífico*

*Fuente: Construcción con paneles de poliestireno expandido Universidad Politécnica de Cartagena*

## **Vertido**

El vertido de los residuos de embalajes de EPS es el método de gestión de residuos menos aceptable porque implica perder una oportunidad de recuperar recursos valiosos.

Pero cuando no haya otro método de recuperación alternativo y viable, los residuos de EPS pueden destinarse al vertido con total seguridad ya que el material es biológicamente inerte, no tóxico y estable. El EPS no contribuye a la formación de gas metano (con su correspondiente potencial de efecto invernadero), ni tampoco supone ningún riesgo, por su carácter inerte y estable, para las aguas subterráneas.

## **Aplicaciones principales del eps**

El poliestireno expandido se utiliza en multitud de materiales diversos según su funcionalidad. Para poder clasificar todas sus aplicaciones dividiremos este apartado en tres grupos de aplicaciones:

- ✓ Obra civil;
- ✓ Industria;
- ✓ Edificación.

### **Obra civil**

El EPS es muy adecuado para su uso en el sector de ingeniería civil, debido a su efecto aislante, que evita que se congele el subsuelo eliminando los problemas correspondientes del deshielo, y debido a su resistencia mecánica y a su cohesión, permiten la construcción de estructuras con una enorme resistencia vertical y horizontal.

**El EPS** tiene diversas aplicaciones posibles en el sector de ingeniería civil que proceden de las ventajas que ofrece como material de cimentación ligero debido a sus especiales propiedades. A continuación hay una serie de ejemplos de aplicaciones del EPS en la obra civil:

- ✓ Construcción de carreteras libres de asentamiento;
- ✓ Elevación y drenaje de campos de deportes, parques y zonas con césped;
- ✓ Elevación libre de asentamiento de espacios y terrenos para aparcamiento;
- ✓ Reducción de carga mediante relleno para reforzar pasos elevados y alcantarillas y mediante elevación de rampas de entrada y salida;
- ✓ Elevaciones encima de gasoductos enterrados preexistentes;
- ✓ Reducción de las cargas laterales reforzando cimentaciones de pilotes en restauración de zonas urbana;
- ✓ Elevaciones para barreras de ruido;
- ✓ Cimentaciones para cobertizos y edificios ligeros;
- ✓ Reparación de asentamientos en carreteras existentes;
- ✓ Rampas para diques o edificios existentes;

- ✓ Pavimentos de patios y parcelas;
- ✓ Terreros y pisos industriales.

### **Industria**

El poliestireno expandido es un material que se utiliza ampliamente en el campo del envasado y embalado debido principalmente a su excelentes cualidades para la protección contra impactos y sus propiedades de aislamiento térmico, así como por su ligereza y facilidad de conformado que le permiten adaptarse a las necesidades de cada producto a proteger.

Además, el EPS es un material 100% reciclable y existen numerosos campos de aplicación para el material reciclado.

### **Edificación**

Las cualidades del poliestireno expandido tanto en su amplia gama de prestaciones así como los formatos en que se puede presentar le convierten en un material con amplias posibilidades de aplicación dentro del ámbito de la edificación. Las aplicaciones en esta área se centran, fundamentalmente:

- ✓ Soluciones constructivas para el aislamiento termo-acústico de los diferentes cerramientos;
- ✓ Soluciones de aligeramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación;
- ✓ Aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación;
- ✓ Material aligerante y conformador de estructuras.

El proceso de transformación del poliestireno expandido posibilita la amplia variación en la densidad de los materiales y de sus propiedades. La construcción actual y futura se caracteriza por las exigencias de ahorro energético, la protección contra el ruido y el medio ambiente.

En condiciones climáticas tanto rigurosas como moderadas, el aislamiento térmico de todo tipo de edificación juega un papel muy importante. El coste energético para la climatización en verano es superior al necesario para calefactar en invierno.

El poliestireno expandido posee múltiples soluciones en los sistemas constructivos, tales como aislamiento de fachadas, cubiertas, suelos calefactados, etc. Dichas soluciones aportan ventajas en la relación coste/efectividad y reducen el riesgo de error en la ejecución.

A continuación se muestran dos imágenes con aplicaciones del EPS en la edificación:



*Figura N° 8 Aplicaciones del EPS  
en la edificación De puentes  
Fuente: Construcción con paneles de  
Poliestireno expandido Universidad  
Politécnica de Cartagena*

### **Resistencia del concreto a ácidos y otras sustancias corrosivas.**

El concreto de cemento portland es durable en la mayoría de los ambientes naturales, pero, sin embargo, el concreto se puede exponer ocasionalmente a sustancias que lo atacarán.

La mayoría de las soluciones ácidas se desintegran lenta o rápidamente en concreto de cemento portland, dependiendo del tipo y la concentración del ácido. Ciertos ácidos, tales como el ácido oxálico, son inofensivos. Las soluciones débiles de algunos ácidos tienen efectos insignificantes. A pesar de que normalmente los ácidos atacan y lixivian los compuestos de calcio de la pasta de cemento, pueden no atacar fácilmente ciertos agregados, como los agregados silíceos. Los agregados calcáreos frecuentemente reaccionan rápidamente con los ácidos. Sin embargo, el efecto de sacrificio del

agregado calcáreo es normalmente benéfico comparándose con el agregado silíceo en un ambiente de exposición a ácidos suaves o en áreas donde no haya agua fluyendo.

Con los agregados calcáreos, el ácido ataca uniformemente toda la superficie expuesta del concreto, reduciendo la tasa de ataque de la pasta y previniendo la pérdida de las partículas de agregados en la superficie. Los agregados calcáreos también tienden a neutralizar al ácido, especialmente en sitios estancados.

Los ácidos también pueden decolorar el concreto. Se deben evitar los agregados silíceos cuando soluciones fuertes de hidróxido de sodio estén presentes, pues estas soluciones atacan este tipo de agregado.

La lluvia ácida (frecuentemente con pH de 4 a 4.5) puede marcar levemente la superficie del concreto, normalmente sin afectar el desempeño de las estructuras de concreto expuestas. La lluvia extremadamente ácida o condiciones con agua muy ácida pueden justificar diseños o precauciones especiales para el concreto, especialmente en áreas sumergidas. El abastecimiento continuo de ácido con pH de menos de 4, como ocurre en tuberías, se considera altamente agresivo y suficiente para quemar el concreto (Scanlon 1987). El concreto continuamente expuesto a líquidos con pH menor que 3 se debe proteger de manera similar al concreto expuesto a soluciones ácidas diluidas (ACI 515.1R).

Las aguas naturales normalmente tienen un pH mayor que 7 y raramente menor que 6. Las aguas con pH mayor que 6.5 pueden ser agresivas si contienen bicarbonatos. Las soluciones de ácido carbónico con concentraciones entre 0.9 y 3 partes por millón se consideran destructivas al concreto (ACI 515.1R y Kerkhoff 2001).

Una relación agua-cemento baja, baja permeabilidad y un contenido de cemento de bajo a moderado pueden aumentar la resistencia a ácidos o la resistencia a corrosión del concreto. Una baja permeabilidad que resulte de una baja relación agua-cemento o el uso de humo de sílice u otras puzolanas, ayudan a evitar la penetración del agente corrosivo en el concreto. El contenido de cemento de bajo a moderado resulta en menos pasta susceptible al ataque. El uso de agregados calcáreos de sacrificio se debe considerar donde sea necesario.

Ciertos ácidos, gases, sales y otras sustancias que no se mencionaron aquí también pueden desintegrar el concreto.

Se debe evitar el contacto del concreto con ácidos y otros productos químicos que atacan severamente el concreto a través de recubrimientos protectivos (Kerkhoff 2001).

### **La carbonatación**

En el concreto que no contiene acero de refuerzo, la carbonatación generalmente es un proceso de pocas consecuencias, sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inofensivo, avanza lenta y progresivamente desde la superficie expuesta del concreto, encontrando dentro de la masa de concreto al acero de refuerzo generando una posible corrosión del acero.

Para entender este fenómeno recurro a la definición que hace Rick Montani de este fenómeno: La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral.

¿Por qué es un problema la pérdida de pH?

Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Cuando la carbonatación empieza a experimentar la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9), es posible que empiece la corrosión, dando como resultado un agrietamiento y fisuramiento del concreto.

Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

Se plantea como hipótesis la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnopor, mejoraría la resistencia a compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

El objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnoport en la ciudad de Huaraz – 2017. Y como objetivos específicos:

Determinar las características del tecnoport.

Determinar el pH del tecnoport.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnoport a los 7, 14,28 días de curado

Evaluar la resistencia a la compresión del concreto patrón con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnoport a los 7, 14,28 días de curado y comparar sus resultados.

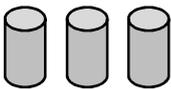
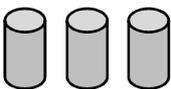
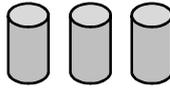
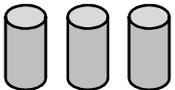
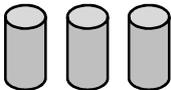
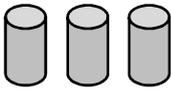
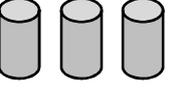
## II. METODOLOGÍA

El presente estudio de investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo, en el cual se aplicaron las nuevas tecnologías halladas en el diseño de mezcla que cumplieron con los estándares de calidad y normatividad. Ya que esto permitió utilizar el tecnopor para fabricar probetas de concretos que cumplieron con las especiaciones de la Norma Técnica Peruana y las normas ASTM.

**Diseño de investigación:** El diseño de la investigación fue experimental, debido a que se manipulo el contenido del agregado grueso sustituyéndolo por el tecnopor comercial de la localidad Huaraz para evaluar su efecto en la resistencia a la compresión del concreto. Para ello se tuvo un diseño en porcentajes de 10% y 15% donde el gradiente de variabilidad está dado por los días de curado y los porcentajes de sustitución del agregado grueso por tecnopor.

**Diseño de bloque completo al azar.**

*Tabla N° 4 Esquema del diseño experimental*

Días de curado	Resistencia del concreto con la sustitución del agregado grueso por tecnopor.		
	Patrón	10%	15%
07			
14			
28			

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Población y muestra:**

### **Población**

Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para lo cual, se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, tecnopor entre otros.

Los agregados grueso y fino se obtuvieron de la cantera del río Santa ubicado en la localidad de Tacllan y el tecnopor se obtuvo en la ciudad de Huaraz.

### **Muestra**

La muestra estuvo constituida por 27 probetas de concreto en su totalidad con un diseño de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . De las cuales 09 fueron probetas de concreto patrón (convencional) sin sustitución, 09 probetas de concreto con el 10% de sustitución del agregado grueso por tecnopor y 09 probetas de concreto con el 15% de sustitución del agregado grueso por tecnopor.

*Tabla N° 5 Técnicas e instrumentos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Guía de observación resumen. Fichas técnicas del laboratorio de los ensayos a realizar.

*Fuente: Elaboración propia*

Elaboración de guía de observación, para la toma de los datos recolectados en el laboratorio. Las guías fueron tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

Ensayo Granulométrico de los agregados (fino y grueso)

Ensayo de peso específico de los agregados (fino y grueso)

Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados (fino y grueso)

Contenido de humedad de los agregados (fino y grueso)

Diseño de mezcla

Elaboración de probetas

Prueba de compresión de probetas

**Procesamiento y análisis de la información.**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue hecho en una hoja de cálculo Excel. Para realizar el análisis de los datos se tuvo en cuenta:

El cálculo de dosificación para el diseño de mezcla de concreto con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por tecnopor.

Se ha representado con tablas, gráficos, porcentajes, promedios y el análisis de varianza para identificar la existencia de las diferencias en las resistencias del concreto patrón y las experimentales.

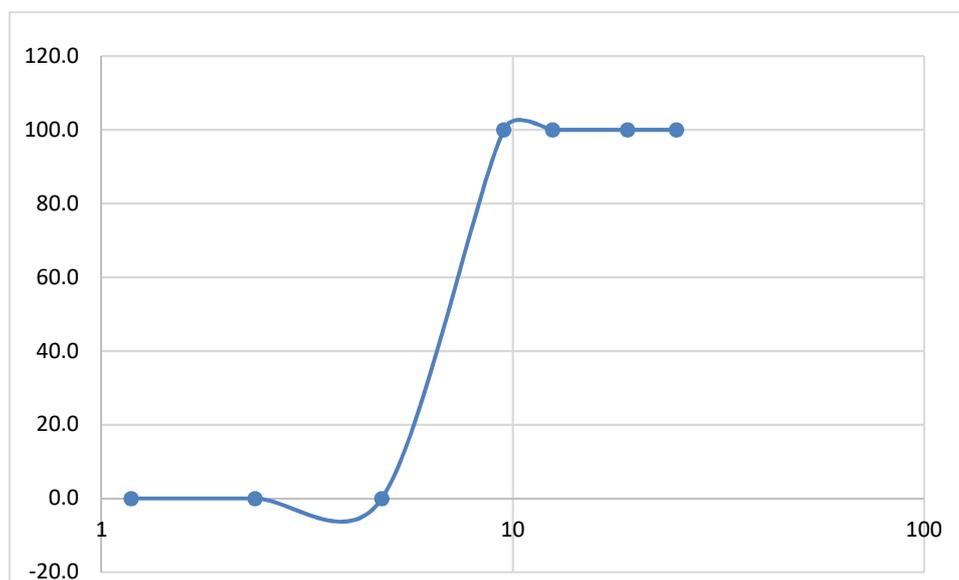
### III). RESULTADOS

A continuación, se presenta gráficamente el comportamiento granulométrico de las perlitas de poliestireno expandido. Que pasaron al 100% por la malla 3/8" y se retiene al 100% por la malla N°4.

**Tabla N° 6 Granulometría del tecnopor utilizado como sustitución del agregado grueso.**

N° Tamiz	Tamiz ABERT. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.5	0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.8	150	100.0	100.0	0.0
N° 8	2.36	0	0.0	100.0	0.0
N°16	1.18	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		150.0	100.0		

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**



**Figura N° 9 Curva granulométrica del tecnopor**

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP**

**Tabla N° 7 Peso específico y porcentaje de absorción del tecnopor**

Identificación	1
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	5.00
B Peso Frasco + Agua	835
C Peso del Agua + Frasco (A+B)	840
D Peso del Mat. + Agua en el frasco	500
E Vol. De Masa + Vol. De Vacío = C-D	340
F Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	4.95
G Vol. De Masa = E-(A-F)	339.95
Pe Bulk (Base Seca) = F/E	0.015
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	0.015
Pe Aparente (Base Seca) =F/G	0.015
% de Absorción = ((A-F) /F) *100	1.01

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**

**Tabla N° 8 Peso unitario suelto y compactado del tecnopor**

Ítem	Peso Unitario suelto			Peso Unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde (gr)	3440	3440	3440	3440	3440	3440
Peso del Molde (gr)	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso del Material (gr)	20	20	20	20	20	20
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	0.00720	0.00720	0.00720	0.00720	0.00720	0.00720
Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )		0.00720			0.00720	
Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )		7.2046			7.2046	

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**

**Tabla N° 9 Resultados de análisis de pH**

Muestra	pH
Agregado grueso	7.76
Tecnopor	6.56
Agregado Grueso + 10% Tecnopor	7.46
Agregado Grueso + 15% Tecnopor	7.35

**Fuente: Elaboración laboratorio UNASAM.**

**Tabla N° 10 Peso húmedo y seco de las probetas del concreto patrón y experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%**

Concreto	Peso Húmedo	Peso Seco	Perdida
peso de probeta patrón	14.78	13.02	1.76
peso de probeta 10%	14.18	12.69	1.49
peso de probeta 15%	13.88	12.40	1.48

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**

**Tabla N° 11 Reducción de peso en 1m<sup>3</sup>**

	Concreto patrón 1m <sup>3</sup>	10% de perlita 1m <sup>3</sup>	15% de perlita 1m <sup>3</sup>
Volumen de una probeta en(m <sup>3</sup> )			
Peso (kg)	2392.31	2298.17	2251.09
Reducción en peso	0	94.14	141.22

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**

**Tabla N° 12 Resistencias a la compresión del concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	f'c
Moldeo	Rotura	Días	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	%
13/02/2018	20/02/2018	7	25960.0	176.71	146.90	69.95%
13/02/2018	20/02/2018	7	26100.0	176.71	147.70	70.33%
13/02/2018	20/02/2018	7	25850.0	176.71	146.28	69.66%
13/02/2018	27/02/2018	14	33540.0	176.71	189.80	90.38%
13/02/2018	27/02/2018	14	33880.0	176.71	191.72	91.30%
13/02/2018	27/02/2018	14	33270.0	176.71	188.27	89.65%
13/02/2018	5/03/2018	28	38800.0	176.71	219.56	104.55%
13/02/2018	5/03/2018	28	38580.0	176.71	218.32	103.96%
13/02/2018	5/03/2018	28	38640.0	176.71	218.66	104.12%

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la tabla N° 12, observamos las resistencias a compresión obtenidas por las probetas del concreto patrón: a los 07 días el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión que esta sobre los 69% de la resistencia proyectada; a los 14 días el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión que esta sobre los 89% de la resistencia proyectada; finalmente a los 28 días el concreto patrón ha superado la resistencia proyectada, ya que tiene una resistencia a la compresión que esta sobre los 103.96%.

**Tabla N° 13 Resistencias a la compresión del concreto experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10% por tecnopor**

FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	f'c
Moldeo	Rotura	Días	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	%
13/02/2018	20/02/2018	7	24010.0	176.71	135.87	64.70%
13/02/2018	20/02/2018	7	24030.0	176.71	135.98	64.75%
13/02/2018	20/02/2018	7	24280.0	176.71	137.40	65.43%
13/02/2018	27/02/2018	14	32840.0	176.71	185.84	88.49%
13/02/2018	27/02/2018	14	32530.0	176.71	184.08	87.66%
13/02/2018	27/02/2018	14	32360.0	176.71	183.12	87.20%
13/02/2018	5/03/2018	28	37500.0	176.71	212.21	101.05%
13/02/2018	5/03/2018	28	37650.0	176.71	213.06	101.45%
13/02/2018	5/03/2018	28	37700.0	176.71	213.34	101.59%

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la tabla N° 13, se observa las resistencias a la compresión obtenidas por el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% por tecnopor; a los 07 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión del 64% de la resistencia proyectada; a los 14 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión del 87% de la resistencia proyectada; mientras que a los 28 días el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% de tecnopor también supera mínimamente la resistencia proyectada.

**Tabla N° 14 Resistencias a la compresión del concreto experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 15% por tecnopor**

FECHA		EDAD	CARGA	AREA	f'c	f'c
Moldeo	Rotura	Días	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	%
13/02/2018	20/02/2018	7	22890.0	176.71	129.53	61.68%
13/02/2018	20/02/2018	7	22830.0	176.71	129.19	61.52%
13/02/2018	20/02/2018	7	22750.0	176.71	128.74	61.30%
13/02/2018	27/02/2018	14	31830.0	176.71	180.12	85.77%
13/02/2018	27/02/2018	14	31940.0	176.71	180.74	86.07%
13/02/2018	27/02/2018	14	32080.0	176.71	181.54	86.45%
13/02/2018	5/03/2018	28	36850.0	176.71	208.53	99.30%
13/02/2018	5/03/2018	28	36700.0	176.71	207.68	98.90%
13/02/2018	5/03/2018	28	36900.0	176.71	208.81	99.43%

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la tabla N° 14, se observa las resistencias a la compresión obtenidas por el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% por tecnopor; a los 07 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión que esta sobre el 61% de la resistencia proyectada, mientras que a los 14 días tiene una resistencia a la compresión que esta sobre los 85% de la resistencia proyectada, finalmente a los 28 días tiene una resistencia a la compresión que esta sobre los 98% de la resistencia proyectada.

**Tabla N° 15 Resistencias a la compresión promedio de las probetas del concreto patrón y experimental  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%**

Edad en días	Concreto		
	Patrón	Sustitución del 10% agregado grueso	Sustitución del 15% del agregado grueso
07	146.96	136.42	129.15
14	189.93	184.35	180.80
28	218.85	212.87	208.34

**Fuente: Elaboración Propia – laboratorio USP.**

Las probetas del concreto patrón en promedio en los 07 primeros días tienen una resistencia a la compresión de  $146.96 \text{ Kg/cm}^2$ , en los 14 días tiene una resistencia a la compresión promedio de  $189.93 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que en los 28 días llega a tener una resistencia a la compresión promedio de  $218.85 \text{ Kg/cm}^2$ .

Las probetas del concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; en los 07 primeros días tiene una resistencia a la compresión promedio de  $136.42 \text{ Kg/cm}^2$ , en los 14 días tiene una resistencia a la compresión promedio de  $184.35 \text{ Kg/cm}^2$ ; mientras que a los 28 días llega a tener una resistencia a la compresión promedio de  $212.87 \text{ Kg/cm}^2$ .

Las probetas del concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15%; en los 07 primeros días tiene una resistencia a la compresión promedio de  $129.15 \text{ Kg/cm}^2$ , en los 14 días tiene una resistencia a la compresión promedio de  $180.80 \text{ Kg/cm}^2$ ; mientras que a los 28 días llega a tener una resistencia a la compresión promedio de  $208.34 \text{ Kg/cm}^2$ .

Estos resultados evidencian que al sustituir el agregado grueso por tecnopor, su resistencia a la compresión disminuye a medida que aumenta las cantidades sustituidas.

**Tabla N° 16 Resistencias a la compresión promedio de las probetas del concreto patrón y experimental  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%, expresado en porcentajes**

Edad en días	Concreto		
	Patrón	Sustitución del 10% agregado grueso	Sustitución del 15% del agregado grueso
07	69.98%	64.96%	61.50%
14	90.44%	87.78%	86.10%
28	104.21%	101.37%	99.21%

**Fuente: Elaboración Propia.**

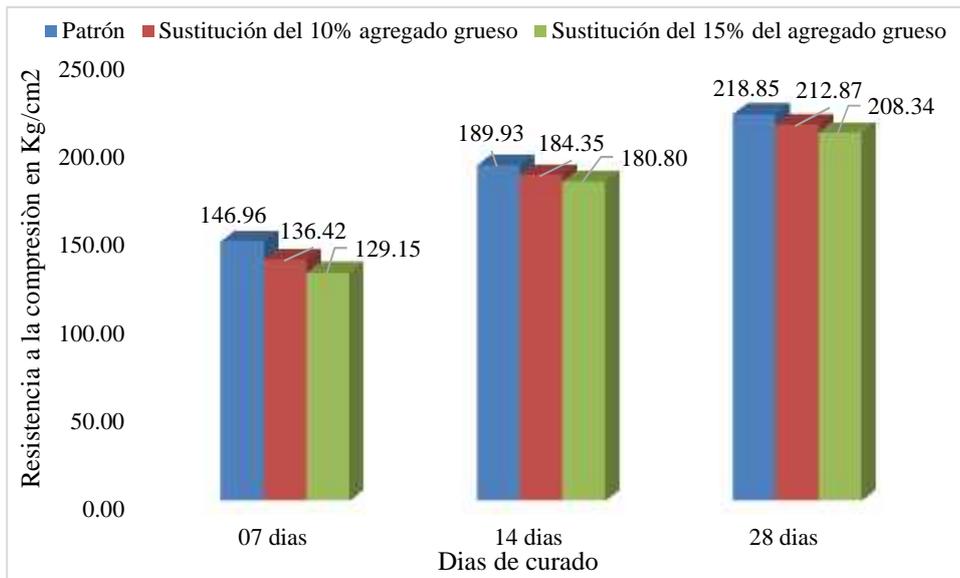
En la presente tabla observamos, las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales, expresadas en porcentajes en los cuales se ve que el concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5%.

Las probetas del concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% obtienen resistencias optimas ya cumplen con las resistencias especificadas.

**Tabla N° 17 Costo del tecnopor**

Tecnopor	2.45 kg	S/ 42.06	250 litros
10%	0.5 kg	S/ 8.59	51.02 litros
15%	0.7 kg	S/12.03	71.43 litros

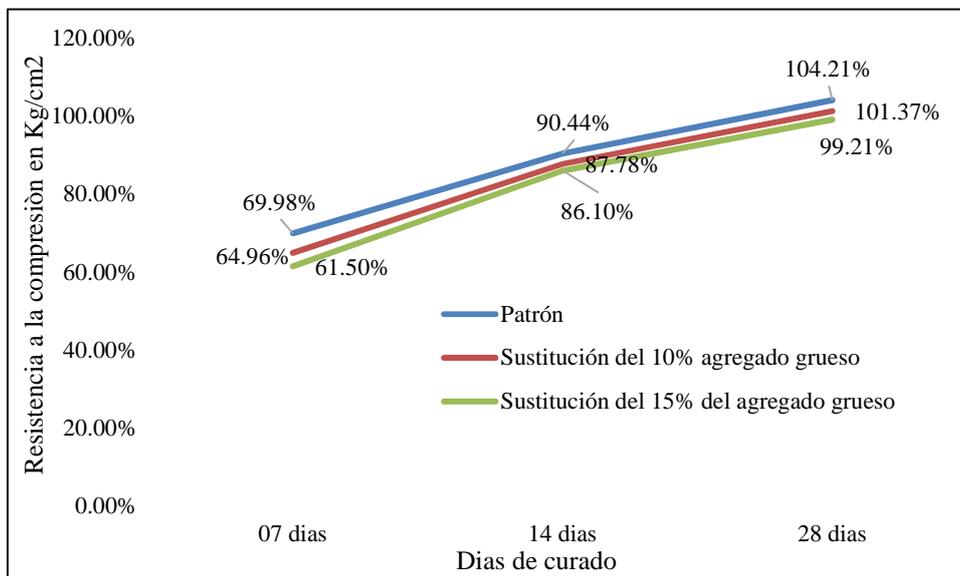
**Fuente: Sodimac.**



**Figura N° 10 Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales por días**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

En la figura, se puede observar las resistencias obtenidas por el concreto patrón y los concretos experimentales a los 07, 14 y 28 días.

En los distintos días, el concreto patrón obtiene mayores resistencias que los concretos experimentales.



**Figura N° 11 Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales, expresado en porcentajes respecto a la resistencia de diseño por días**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

En la presente figura, se observan las resistencias obtenidas por el concreto patrón y experimentales a los 07, 14 y 28 días.

A los 28 días, el concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% supera en un 10%.

**Tabla N° 18 Análisis de varianza para determinar las diferencias en las resistencias del concreto patrón y experimentales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15%**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Días de curado	8811.92	2	4405.96	799.75	0.000	6.94
Sustitución	236.21	2	118.10	21.44	0.007	6.94
Error	22.04	4	5.51			
Total	9070.17	8				

**Fuente: Elaboración Propia.**

Los valores de la Probabilidad ( $p = 0.000$  y  $p = 0.007$ ) podemos concluir con nivel de significancia de 5% que las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas por las probetas de concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% y 15% son diferentes. Así mismo al comparar los valores de la  $F_{calculada}$  y  $F_{crítico}$ , tal como se puede ver en la presente Tabla ( $799.75 > 6.94$  y  $21.44 > 6.94$ ), indican que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales a consecuencia de los días de curado y a raíz de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10 y 15% respectivamente.

#### IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Según Águila (2011), en su investigación en la que sustituyó parcialmente los áridos finos por perlitas de EPS, manteniendo constante los áridos gruesos concluyó que es factible técnicamente emplear perlitas de EPS hasta el 20% de sustitución de áridos finos por perlitas, estos resultados son similares a los de la presente investigación, ya que al sustituir el agregado grueso por Perlitas de Poliestireno expandido (tecnopor) las resistencias con la sustitución del 10% cumple con la resistencia requerida, y la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% está prácticamente alrededor del 100%, tal como se muestra en la tabla N° 16.

Al sustituir el agregado grueso por Perlitas de Poliestireno expandido (tecnopor) disminuye el peso de las probetas de los concretos en comparación con del concreto patrón. En un m<sup>3</sup> con sustitución de 10% de poliestireno expandido se reduce 94.14kg y con 15% de poliestireno expandido se reduce 141.22 kg.

El peso unitario seco del concreto patrón es de 2392.31 kg/m<sup>3</sup>, el peso unitario seco del concreto más la sustitución de 10% de agregado grueso por poliestireno expandido es de 2298.17 kg/m<sup>3</sup> y el peso unitario seco del concreto más la sustitución de 15% de agregado grueso por poliestireno expandido es de 2251.09 kg/m<sup>3</sup>

## V). CONCLUSIONES

En la presente investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

Las características del tecnopor utilizado como sustitución del agregado grueso son las siguientes: peso específico  $12 \text{ kg/m}^3$ , porcentaje de absorción 1.01, peso unitario suelto y compactado  $7.20 \text{ kg/m}^3$  y el pH 6.56, lo cual indica que es un material poco ácido.

PU del concreto patrón fresco  $2386.81 \text{ kg/m}^3$ , PU del concreto experimental con sustitución de 10% de tecnopor fresco  $2292.67 \text{ kg/m}^3$ , PU del concreto experimental con sustitución de 15% de tecnopor fresco  $2245.59 \text{ kg/m}^3$ .

El concreto patrón a los 28 días tiene una resistencia a la compresión del  $218.85 \text{ kg/cm}^2$  en promedio, mientras que la resistencia del concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10% tiene una resistencia a la compresión de  $212.87 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% tiene una resistencia a la compresión de  $208.34 \text{ kg/cm}^2$ .

El concreto patrón supera en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5%

El análisis de varianza indica que existe una diferencia significativa estadísticamente en las resistencias del concreto patrón y experimentales a consecuencia de los días de curado y a la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10 y 15%.

## **VI).RECOMENDACIONES**

Se considera las siguientes recomendaciones:

Hacer uso del tecnopor en porcentajes menores a los de la presente investigación ya que pueden producir concretos que cumplan con las resistencias especificadas en el diseño.

Se propone para la utilización de perlitas de poliestireno expandido EPS la sustitución de agregado grueso por tecnopor en 10%

Se propone para la utilización de perlitas de poliestireno expandido EPS reciclado

Se propone realizar nuevas investigaciones con sustitución de agregado grueso y fino por el tecnopor reciclado

Buscar otras canteras que estén orientados a concretos ligeros.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. 3° edic. Perú: San Marcos.
- Águila (2011). Empleo de las perlitas de poliestireno expandido en la producción de bloques en la construcción. Marta Abreu de las Villas.
- ANAPE (1992), “Catalogo general del poliestireno expandido EPS. Proceso de fabricación, aplicaciones, aspectos medioambientales, normativa y productos”, Asociación nacional de poliestireno expandido, industria española, Madrid.
- ASTM C-127. (2004). Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c127>
- ASTM C 136-06. (2005). Análisis granulométrico del agregado fino según los requisitos físicos de gradación. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/276047132/ASTM-C-136-06-pdf>
- ASTM C 150. (2015). Especificación Normalizada para Cemento Portland. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisCM3/astm-c150>
- ASTM D-2216. (2010). Contenido De Humedad Agregado Fino. Recuperado de <https://prezi.com/uhr7gilisqrg/contenido-de-humedad-astm-d2216/>
- Cerón M., Duarte F. y Castillo W. (1996), Propiedades físicas de los agregados pétreos de la Ciudad de Mérida. Boletín Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Núm. 31 (27-40).
- Céspedes, M (2003). Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido, Tesis de ingeniería civil. Universidad de Piura, Perú.
- Condori A., Laines K., Valderrama B., Santos C., y Villalobos J., Gutarra M, Vega J y el Ing. José Masías, al (2017); ganadores del concurso mundial "Egg Protection Device Competition

- Díaz L. (2010). Optimización de los agregados para concreto. “Construcción y tecnología,” (México),9(100), p.30.
- Frías, M. & Vegas, I. (2010). Nuevos materiales e coeficientes a partir de residuos de la industria papelera como adiciones activas para la fabricación de cementos portland. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46568/1/Capitulo%20de%20libro%20Final.pdf>
- García, E. (2013). Estudio de factibilidad bloques de hormigón con agregado de residuo plástico abs. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana.
- Harmsen, E. (2005). Diseño de estructuras de concreto. 4ta ed. Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica.
- Hernández, B. (2011). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas. Universidad San Carlos, Guatemala. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46568/1/Capitulo%20de%20libro%20Final.pdf>
- Martinez & Santilez (2012), Empleo del poliestireno expandido como sustitución parcial de áridos de bloques.
- Mather & Ozyildirim, (2004) Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Neville, A. M. (1999). Tecnología del Concreto, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- NTP 334.051. (2013). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.
- NTP 334.057. (2002). Determinación de la fluidez de pastas de mortero. Recuperado de: <https://documents.tips/documents/ntp-334057-2002.html>

- NTP 339.088. (2004). Requisitos de calidad del agua para el concreto. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de: [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)
- NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.
- Osorio, G. (2013). Aggregates and the deformation properties of concrete. "ACI Materials journal", (U.S.A.), 93 (6), p.576
- Reyna (2016), "reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo"
- Rivera, G. (2011). Concreto Simple, Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Serrano, T. (2010) El control de calidad en los agregados para concreto 3ª parte. "Costruccion y tecnologia," (Mexico), (40). p.34.
- Sánchez, D. (2001), "Tecnología Del Concreto Y Del Mortero", Colombia: Bhandar Editores.
- Somayaji. (1995) Civil Engineering Materials Prentice Hall, 2001 Universidad de Michigan

## **VIII). AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a mi madre quien con mucho amor y dedicación me dio todo, dentro de sus posibilidades para que mi persona sea una persona de bien con valores. A mi hermano quien siempre estuvo ahí cuando lo necesitaba. A mi esposa e hija quienes son el motivo de mí ser

A todas las personas que me ayudaron en el desarrollo y culminación de esta investigación y de una manera muy especial mi abuela y abuelos que desde el cielo me guían y me protegen.

## IX).ANEXOS Y APÉNDICES

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO	VARIABLES
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto de <math>F'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> elaborado tecnopor en la ciudad de Huaraz, 2017?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar la resistencia a la compresión del concreto de <math>F'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por tecnopor en la ciudad de Huaraz - 2017.</p>	<p><b>GENERAL:</b> La sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por tecnopor mejoraría la resistencia a compresión del concreto <math>F'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup></p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>  Explicativa - Cuantitativa</p>	<p><b>V. I.</b> 10% y 15% Tecnopor.</p>
	<p><b>ESPECIFICO:</b> Determinar las características del tecnopor.  Determinar el PH del tecnopor.  Evaluar la resistencia a la compresión del concreto patrón con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por tecnopor en la ciudad de Huaraz y comparar sus resultados.</p>		<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>  Experimental</p>	<p><b>V. D.</b> Resistencia a la compresión del concreto.</p>

**Tabla N° 19 Contenido de humedad del Agregado Fino ASTM D 216-71 (Agregado fino)**

<b>AGREGADO</b>		<b>FINO</b>	<b>FINO</b>
<b>Recipiente N°</b>		<b>19</b>	<b>35</b>
1	Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1245.0	1157.0
2	Peso del Recipiente + Suelo Seco	1196.5	1110.5
3	Peso del Agua = (1)-(2)	48.5	46.5
4	Peso del Recipiente	163.9	165.0
5	Peso del Suelo Seco = (2)-(4)	1032.6	945.5
	Humedad = (3/5) *100(%)	4.7	4.9
	<b>%HUMEDAD PROMEDIO</b>		<b>4.8</b>

**Fuente: Elaboración propia -laboratorio USP.**

**Tabla N° 20 Contenido de humedad del agregado grueso ASTM D 216-71 (Agregado grueso)**

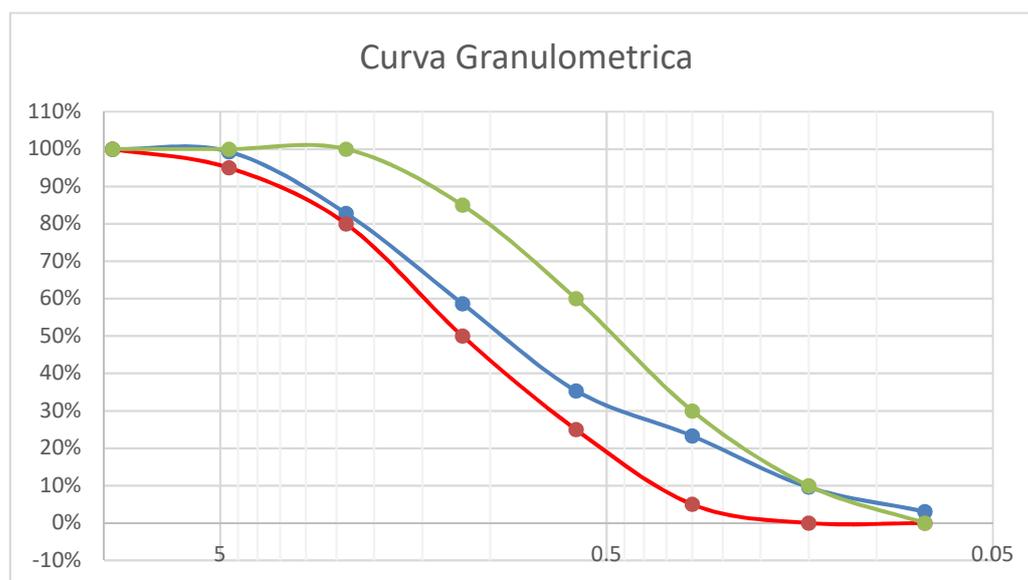
<b>AGREGADO</b>		<b>GRUESO</b>	<b>GRUESO</b>
<b>Recipiente N°</b>		<b>49</b>	<b>50</b>
1	Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	3508.0	3855.5
2	Peso del Recipiente + Suelo Seco	3499.0	3845.5
3	Peso del Agua = (1)-(2)	9.0	10.0
4	Peso del Recipiente	469.0	473.0
5	Peso del Suelo Seco = (2)-(4)	3030.0	3372.5
	Humedad = (3/5) *100(%)	0.3	0.3
	<b>%HUMEDAD PROMEDIO</b>		<b>0.3</b>

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 21 Granulometría del Agregado Fino**

Tamiz	Peso	%	%	% Que	% que	% que	
N°	ABERT.	Reten.	Retenido	Retenido	Pasa	pasa	
Tamiz	(mm)	(gr)	Parcial	Acumulado	Pasa	min	Max
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N°4	4.75	20.5	0.7	0.7	99.3	95	100
N°8	2.36	498.1	16.5	17.2	82.8	80	100
N°16	1.18	727.6	24.1	41.3	58.7	50	85
N°30	0.6	701.8	23.3	64.6	35.4	25	60
N°50	0.3	364.6	12.1	76.7	23.3	5	30
N°100	0.15	412.5	13.7	90.4	9.6	0	10
N°200	0.075	196.9	6.5	96.9	3.1	0	0
< N°200	0	92.5	3.1	100.0	0.0	0	0
TOTAL		3014.5	100.0				

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**



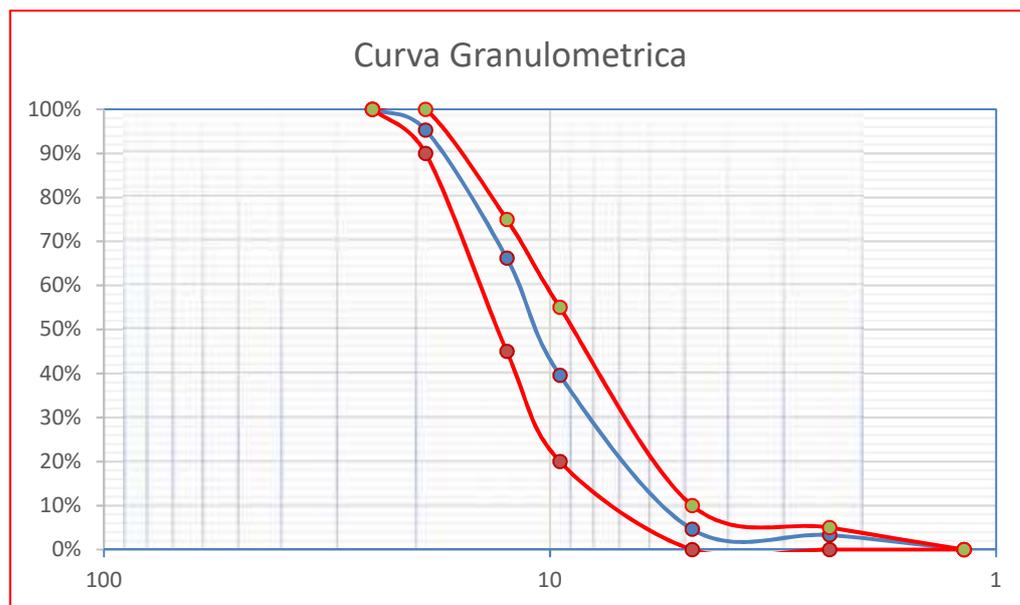
**Figura N° 12 Curva granulométrica del agregado fino**

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 22 Granulometría del Agregado Grueso**

Tamiz	Peso	%	%	%	% que	% que	
N°	ABERT.	Reten.	Retenido	Retenido	Que	pasa	
Tamiz	(mm)	(gr)	Parcial	Acumulado	Pasa	min	Max
3"	76.2						
2"	50						
1 1/2"	37.5						
1"	25	0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19	427.7	4.7	4.7	95.3	90.0	100.0
1/2"	12.5	2648.1	29.1	33.8	66.2	45.0	75.0
3/8"	9.5	2420.6	26.6	60.4	39.6	20.0	55.0
N° 4	4.8	3185	35.0	95.4	4.6	0.0	10.0
N° 8	2.36	118.3	1.3	96.7	3.3	0.0	5.0
FONDO	1.18	300.3	3.3	100.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		9100.0	100.0				

**Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.**



**Figura N° 13 Curva Granulométrica del agregado grueso**

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 23 Gravedad específica y absorción del agregado fino**

<b>AGREGADO FINO</b>				
Identificación	1.00	2.00	Promedio	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	500.00	500.00	500.00	
B Peso Frasco + Agua	679.00	670.70	674.85	
C Peso del Agua + Frasco (A+B)	1179.00	1170.70	1174.85	
D Peso del Mat. + Agua en el frasco	990.20	981.50	985.85	
E Vol. De Masa + Vol. De Vacío = C-D	188.80	189.20	189.00	
F Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	491.90	491.90	491.90	
G Vol. De Masa = E-(A-F)	180.70	181.10	180.90	
Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.61	2.60	2.60	
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	2.65	2.64	2.65	
Pe Aparente (Base Seca) =F/G	2.72	2.72	2.72	
% de Absorción = ((A-F) /F) *100	1.6	1.6	1.65	

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 24 Gravedad específica y absorción del agregado grueso.**

<b>AGREGADO GRUESO</b>					
Identificación	21	17	34	9	promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1194.5	1162	1150	1280.5	1196.75
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	753	733	725	807.5	754.63
C Vol. De Masas / Volumen de Vacíos = A-B	441.5	429	425	473	442.13
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	1183.8	1148.9	1140.8	1268.0	1185.38
E Vol. De Masas = C-(A-D)	430.8	415.9	415.8	460.5	430.75
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.706	2.709	2.706	2.707	2.71
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.748	2.762	2.744	2.754	2.75
% de Absorción = ((A-D) /D) *100	0.90	1.14	0.81	0.99	0.96

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 25 Peso unitario del agregado fino**

TIPO DE PESO UNITARIO – AG. FINO	Peso Unitario suelto			Peso Unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde (gr)	7980.0	7960.0	7965.0	8305.0	8325.0	8310.0
Peso del Molde (gr)	3420.0	3420.0	3420.0	3420.0	3420.0	3420.0
Peso del Material (gr)	4560.0	4540.0	4545.0	4885.0	4905.0	4890.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2776.0	2776.0	2776.0	2776.0	2776.0	2776.0
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	1.643	1.635	1.637	1.760	1.767	1.762
Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )		1.638			1.763	

**Fuente: Elaboración propia - laboratorio USP.**

**Tabla N° 26 Peso unitario del agregado grueso**

TIPO DE PESO UNITARIO – AG. GRUESO	Peso Unitario suelto			Peso Unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde (gr)	27185.0	27165.0	27175.0	28600.0	28615.0	28595.0
Peso del Molde (gr)	7380.0	7380.0	7380.0	7380.0	7380.0	7380.0
Peso del Material (gr)	19805.0	19785.0	19795.0	21220.0	21235.0	21215.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	13724.0	13724.0	13724.0	13724.0	13724.0	13724.0
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	1.443	1.442	1.442	1.546	1.547	1.546
Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )		1.442			1.546	

**Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.**



*Foto 1 Secado en horno para contenido de humedad.*



*Foto 2 Tamices para agregado fino.*



*Foto 3 Tamizado de agregado fino*



*Foto 4 Tamizado de agregado grueso*



*Foto 5 Tamizado de agregado grueso.*



*Foto 6 Pe y absorción de agregado fino*



*Foto 7 Pe y absorción de agregado grueso.*



*Foto 8 PUS y PUC de agregado grueso.*



*Foto 9 PUS y PUC de agregado fino.*



*Foto 10 Pesado de agregados para diseño.*



*Foto 11 Tamizado de tecnopor*



*Foto 12 PUS y PUC del tecnopor*



*Foto 13 SSS del tecnopor*



*Foto 14 Ensayo con probeta para Pe.*



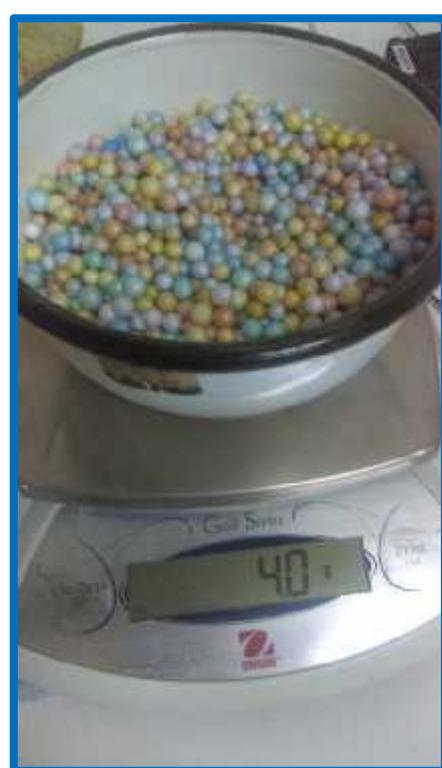
*Foto 15 Ensayo con probeta para Pe*



*Foto 16 Ensayo con probeta para Pe.*



*Foto 17 Pesado para determinar. % Abs*



*Foto 18 Pesado para determinar. % Abs.*



*Foto 20 Llenando materiales para el mezclado*



*Foto 19 Prueba de cono de Abrams.*



*Foto 21 Prueba de cono de Abrams*



Foto 22 Vaciado de mezcla a carretilla.



Foto 23 Vaciado de mezcla a probeta



Foto 24 Terminado de vaciado a probetas



*Foto 25 Curado de muestras de concreto*



*Foto 26 pesado de muestras de concreto*



*Foto 27 Rotura de muestras de concreto*

## 18th October 2017 Estudiantes de la UNI ganan concurso mundial del concreto



[<https://2.bp.blogspot.com/-4nuy6hZ->

[VS0WefSjiaUGpI/AAAAAAAAAGGA/bUerwY9HYW4NDfue1zL0uEN2xCi8cwCLcBGAs/s1600/ganadores%2B1.jpg](https://2.bp.blogspot.com/-4nuy6hZ-VS0WefSjiaUGpI/AAAAAAAAAGGA/bUerwY9HYW4NDfue1zL0uEN2xCi8cwCLcBGAs/s1600/ganadores%2B1.jpg)]

➤ El equipo de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería venció a sus pares de países como Estados Unidos, México, Chile, India y Brasil.

Luego de meses de arduo trabajo, un equipo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería y miembros del grupo estudiantil ACI-UNI, resultaron ganadores del concurso mundial "Egg Protection Device Competition", organizado por el American Concrete Institute (ACI). Este concurso puede catalogarse como el "Mundial del concreto", ya que es organizado por la entidad máxima del concreto a nivel mundial.

El equipo ganador está integrado por los alumnos Alex Condori, Kevin Laines, Bryan Valderrama, Christian's Santos y Jason Villalobos, quienes fueron asesorados por los egresados Manuel Gutarra, Juan Vega y el Ing. José Masías, todos miembros de esta casa de estudios.

El concurso internacional consistió en un pórtico de concreto armado sometido a cargas de impacto a diferentes alturas. El equipo cuyo pórtico aguantaba la mayor cantidad de impactos a una altura de tres metros obtenía el mayor puntaje. Se otorgaban mayores puntos al pórtico de menor peso, por lo que el gran reto del equipo fue conseguir una mezcla de concreto lo más ligera y resistente posible. Así mismo, se presentó un informe técnico en inglés en donde se debían sustentar los diseños de mezcla y estructurales.

El equipo de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se impuso sobre más de 40 universidades del mundo, incluyendo equipos de México, Brasil, Chile, India y Estados Unidos (la UNI se logró imponer incluso sobre la famosa Universidad de Texas, la cual posee uno de los programas de Ingeniería Civil más prestigiosos del mundo).

La competencia mundial se llevó a cabo el 15 de octubre en la ciudad de Anaheim, California. Esta es la segunda vez que un equipo peruano se presenta en esta competencia. El año pasado un equipo de esta misma casa de estudios se presentó en la convención de Milwaukee, Wisconsin, ocupando el puesto 18 de 50 países.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°20-LAQ/2018**

**Análisis de una muestra de tecnoport por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de tecnoport a pedido del Sr. Vásquez Salvador, Henry Antonio, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia del Concreto de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Sustitución del Agregado Grueso por Tecnoport en 10% y 15% d-Huaraz.”**

La muestra está en forma de esferas de diámetro menor que 8 mm con superficie de color amarillo e interior de color blanco.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 500 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. El tecnoport es un polímero constituido principalmente por H y C. Teniendo en cuenta la forma y alta porosidad de la muestra, se preparó una porción desmenuzada con la ayuda de una tijera, a manera de escamas de tamaño menor que 2 mm. Esta característica de escamas de la muestra no garantiza buena precisión en los resultados, los que deben tomarse como información preliminar. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 995 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ( $Z=12$ ) no pueden ser registrados en el espectro.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de escamas de tecnoport. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones elementales están dadas en % de la masa total de la muestra. Una característica especial de este espectro es la presencia de un pico de Ar mucho más intenso que lo que corresponde al aire presente. Esto se interpreta en el sentido que los átomos de Ar se han introducido en los poros del tecnoport y aumentado su concentración en la muestra. Esta característica ya se ha detectado en el caso de materiales plásticos porosos.

Tabla 1. Composición elemental de las escamas de tecnoport en % de la masa total.

Elemento	% masa
Al	1.820
Si	1.213
P	0.288
S	0.548
Cl	0.653
Ar	2.129
K	0.582
Ca	2.132
Ti	0.072
Cr	0.003
Mn	0.020
Fe	0.450
Ni	0.005
Cu	0.033
Zn	0.028
As	0.002
Br	0.196
Subtotal	10.174
Otros	89.826
Total	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

La concentración total de los elementos detectados es de 10.2%, que se pueden considerar como elementos contaminantes de este tecnoport. Esto implica que 89.8% de la muestra está constituido de elementos más livianos que Al, principalmente de H y C. Para aclarar esta situación se sugiere hacer otros análisis por otras técnicas que permitan observar dichos elementos de la muestra con mayor precisión.

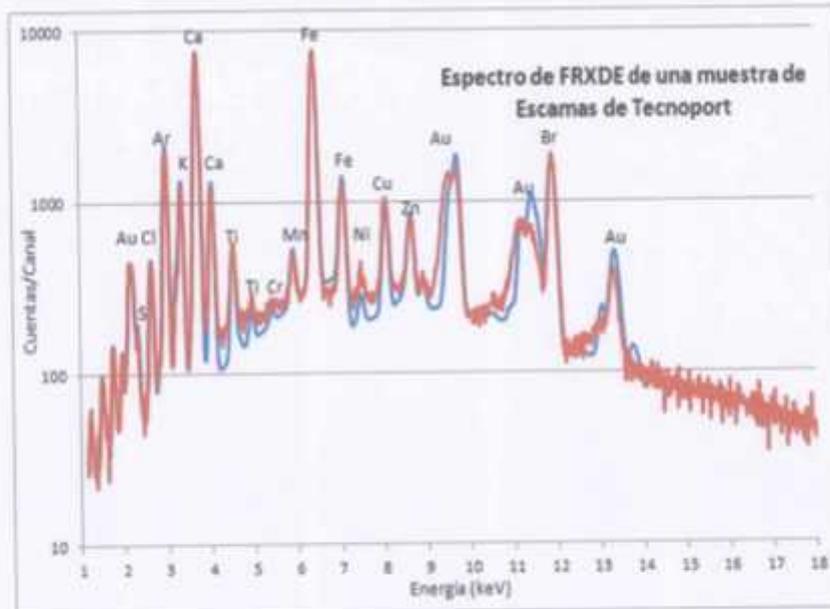


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de escamas de tecnoport en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:  
Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 31 de marzo del 2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAVAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ - REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TÍTULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'_{c} = 210 \text{ kg/Cm}^2$  con Sustitución del Agregado Grueso Por Tecnopor en 10 % y 15 %"

**TESISTA :** Bach. Vásquez Salvador Henry Antonio - Tesista

**MUESTRA :** Agregado Grueso

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 20-03-18

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 23-03-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 23-03-18

Muestra	pH
Agregado grueso	7.76

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como ligeramente alcalina

Huaraz, 23 de Marzo del 2018.

*[Firma]*  
Mg. Sc. Guillermo Castillo Romero  
Mg. Sc. en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN**  
Telefax: 043-426588 - 106  
**HUARAZ - REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TÍTULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$  con Sustitución del Agregado Grueso Por Tecnopor en 10 % y 15 %"

**TESISTA :** Bach. Vásquez Salvador Henry Antonio - Tesista

**MUESTRA :** Tecnopor

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 20-03-18

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 23-03-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 23-03-18

Muestra	pH
Tecnopor	6.56

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como ligeramente ácida

Huaraz, 23 de Marzo del 2018.



  
M.Sc. Guillermo Corallo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TÍTULO DE TESIS: "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$  con Sustitución del Agregado Grueso Por Tecnopor en 10 % y 15 %"

TESISTA : Bach. Vásquez Salvador Henry Antonio - Tesista

MUESTRA : Agregado Grueso + 10 % de Tecnopor

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 20-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 23-03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 23-03-18

Muestra	pH
Agregado Grueso + 10 % Tecnopor	7.46

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como ligeramente alcalina

Huaraz, 23 de Marzo del 2018.



*[Firma]*  
Ing. M.Sc. Guillermo Castilla Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"Santiago Antúnez de Mayolo"  
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN  
Telefax. 043-426588 - 106  
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Resistencia del Concreto  $F^{\prime}C= 210 \text{ kg/Cm}^2$  con Sustitución del Agregado Grueso Por Tecnopor en 10 % y 15 %"  
TESISTA : Bach. Vásquez Salvador Henry Antonio - Tesista  
MUESTRA : Agregado Grueso + 15 % de Tecnopor  
LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash  
FECHA DE RECEPCIÓN: 20-03-18  
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 23- 03-18  
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 23-03-18

Muestra	pH
Agregado Grueso + 15 % Tecnopor	7.35

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como ligeramente alcalina

Huaraz, 23 de Marzo del 2018.



*[Handwritten Signature]*  
M.Sc. GUILLERMO CASTILLO PALMERIO  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz				
SOLICITA	Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio				
DISTRITO	HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ	
PROVINCIA	HUARAZ			FECHA 15/03/2018	
PROG. (KM.)				ASESOR	
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA					
MUESTRA	AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO TACLLAN				
PROF. (m)					
AGREGADO FINO					
N° TARRO		19	35		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1245.0	1157.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1196.5	1110.5		
PESO DE AGUA	(g)	48.50	46.50		
PESO DEL TARRO	(g)	183.90	185.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1032.60	945.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.70	4.92		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	4.8			
AGREGADO GRUESO					
N° TARRO		46	3		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	3608.0	3855.5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	3499.0	3645.5		
PESO DE AGUA	(g)	9.00	10.00		
PESO DEL TARRO	(g)	469.00	473.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	3030.00	2372.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.30	0.3		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0.30			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
ING. Elizabeth Maxa Ambrosio  
CIP: 118544  
-RFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

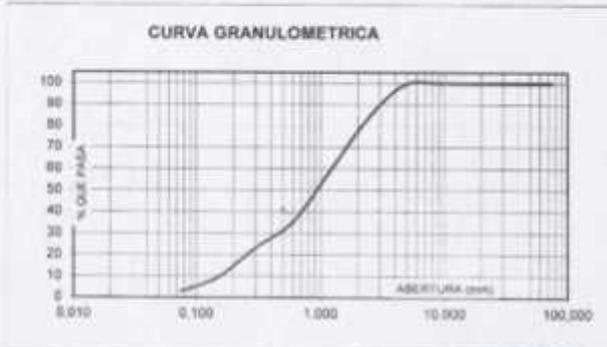
**SOLICITA** : Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
**TESIS** : "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**FECHA** : 15/03/2018 **CANTERA** : TACLAN **MATERIAL** : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	3014.5
PESO SECO LAVADO	2922.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	92.50

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	20.50	0.68	0.68	99.32
N° 8	2.360	496.10	16.52	17.20	82.80
N° 16	1.180	727.60	24.14	41.34	58.66
N° 30	0.600	701.80	23.28	64.62	35.38
N° 50	0.300	364.60	12.09	76.72	23.28
N° 100	0.150	412.50	13.68	90.40	9.60
N° 200	0.075	196.00	6.53	96.93	3.07
PLATO		92.50	3.07	100.00	0.00
TOTAL		3014.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4  
 MODULO DE FINEZA : 2.91  
 HUMEDAD : 4.80%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PERU - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 FUNDACION DE BARRILES  
 Ing. Elizabeth Masa Ambrosio  
 C.R. 116644  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Tel: 043 341078 / 340809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pinos 8 s/n. Urb. Las Pinos Tel: 043 323505 / 328150 / 329498 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 - 1 Urb. Las Casuarinas - Tel: 043 312942 - San Luis Nuevo Chimbote Tel: 043 318704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Tel: (043) 340889 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

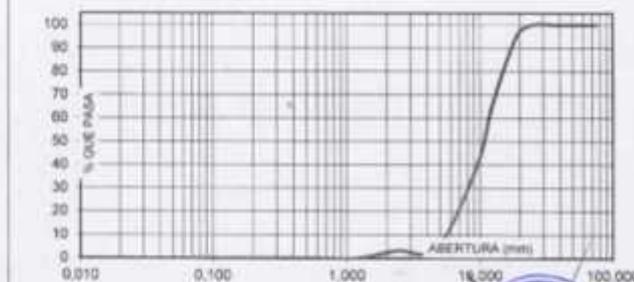
**SOLICITA :** Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
**TESIS :** "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 15/03/2018 **CANtera :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	9100
PESO SECO LAVADO	9100.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	427.70	4.70	4.70	95.30
1/2"	12.500	2648.10	29.10	33.80	66.20
3/8"	9.500	2420.60	26.60	60.40	39.60
N° 4	4.750	3185.00	35.00	95.40	4.60
N° 8	2.360	118.30	1.30	96.70	3.30
N° 16	1.180	300.30	3.30	100.00	0.00
N° 30	0.800	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		9100.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 HUMEDAD : 0.30%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PIURA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 LABORATORIO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CP: 118044  
 JEP

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Tel.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Tel.: 043 323505 / 328150 / 329400 - Belagresi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel.: 345042  
 - Nueva Chimbote D1 - 1 Urb. Las Casuarinas - Tel.: 043 317942 - San Luis Nuevo Chimbote Tel.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguila y Espinar - Tel.: (043) 345899 - www.usarpedio.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
**TESIS** : "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO  
**FECHA** : 15/03/2018

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de frasco+ agua  
**C = A + B** : Peso frasco + agua +material  
**D** : Peso de material+agua en el frasco  
**E = C - D** : Volumen de masa+volumen de vacio  
**F** : Peso Material seco en horno  
**G= E- (A - F)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-F)/F) \times 100$   
**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** = F/E  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/E  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = F/G

500,0		
679,0		
1179,0		
990,2		
188,8		
491,9		
180,70		
1,65		
1,65		

**PROMEDIO**

2,61		
2,65		
2,72		

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2,61
2,65
2,72



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUANUCO - PERU  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118044  
 JPP

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
 TESIS : "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
 FECHA : 15/03/2018

A	: Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1194,5	1162,0	1150,0
B	: Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	753,0	733,0	725,0
C = A - B	: Volumen de masa + volumen de vacios	441,5	429,0	425,0
D	: Peso de material seco en el horno	1183,8	1148,9	1140,8
E = C - (A - D)	: Volumen de masa	430,0	415,9	415,0
ABSORCION (%)	: ((A-D)/D)x100	0,90	1,14	0,81
ABS. PROM. (%)		0,95		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2,68	2,68	2,68
2,71	2,71	2,71
2,75	2,76	2,74

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)	2,68
P.e. Bulk (Base Saturada)	2,71
P.e. Aparente (Base Seca)	2,75



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION DE MATERIALES  
 HUARAZ - PERU  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrojo  
 CIP: 116544  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
**TESIS :** "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 15/03/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7980	7960	7965
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4560	4540	4545
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1643	1635	1637
Peso unitario prom.	1638 Kg/m3		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8305	8325	8310
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4885	4905	4890
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1760	1767	1762
Peso unitario prom.	1763 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - PERU  
 FACULTAD DE CIENCIAS Y INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO Y  
 MATERIALES ALTERNATIVOS  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CP° 118544  
 JETS



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio  
**TESIS :** "Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Techoport en 10%, 15% - Huaraz"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO  
**FECHA :** 15/03/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27155	27165	27175
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	19805	19785	19795
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1443	1442	1442
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1442 Kglm3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	28600	28615	28595
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	21220	21235	21215
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1546	1547	1546
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1546 Kglm3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PLATA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -  
 MATERIALES ORIGINALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrom  
 CIP: 116644  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO TECNOPORT**

TESIS	"Resistencia del Concreto de F'c= 210 Kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"
SOLICITA	Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio
DISTRITO	HUARAZ
PROVINCIA	HUARAZ

AGREGADO FINO			
Identificación	1	2	Promedio
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	5,00	5,00	5,00
B. Peso Frasco + Agua	835	835	835
C. Peso del Agua + Frasco (A+B)	840	840	840
D. Peso del Mat. + Agua en el frasco	500	500	500
E. Vol. De Masa + Vol. De Vacío = C-D	340	340	340
F. Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	4,95	4,95	4,95
G. Vol. De Masa = E-(A-F)	339,95	339,95	339,95
Pe Bulk (Base Seca) = F/E	0,015	0,015	0,01
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	0,015	0,015	0,01
Pe Aparente (Base Seca) =F/G	0,015	0,015	0,01
% de Absorción = ((A-F)/F)*100	1,01	1,010	1,01

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ESTADO DE MATERIALES  
*Elizabeth Maza Ambrosio*  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312642 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### PESO UNITARIO DEL TECNOPORT

TEMA	"Resistencia del Concreto de F'c= 210 kg/Cm2 con Sustitucion del Agregado Grueso por Tecnoport en 10%, 15% - Huaraz"
SOLICITA	Bach. Vasquez Salvador, Henry Antonio
DISTRITO	HUARAZ
PROVINCIA	HUARAZ

Item	Peso Unitario suelto			Peso Unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde (gr)	3440	3440	3440	3440	3440	3440
Peso del Molde (gr)	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso del Material (gr)	20	20	20	20	20	20
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	0,00720	0,00720	0,00720	0,00720	0,00720	0,00720
Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	0,00720			0,00720		
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	7,2046			7,2046		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
INGENIERO EN GEOTECNIA  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Puno - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO PATRÓN

SOLICITA : Bach: VASQUEZ SALVADOR, Henry Antonio  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO F<sup>c</sup>=210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10% Y 15%- HUARAZ  
LUGAR : HUARAZ

#### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia a la compresión de diseño especificada es de 210 kg/mc<sup>2</sup>, a los 28 días

Tabla N° 1 Datos para el diseño de mezcla ACI 211 Concreto patrón

DESCRIPCION	UND	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1638.45	1442.36
peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1762.73	1546.44
peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.68
peso específico de masa SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.65	2.71
peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.72	2.75
tamaño máximo	pulg	-	1"
tamaño máximo nominal	pulg	-	3/4"
contenido de humedad	%	4.8	0.3
porcentaje de absorción	%	1.6	1.0
módulo de finura	-	2.91	6.61
peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>		3.11
peso específico del Agua	kg/m <sup>3</sup>		1000

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrusio  
CP: 116044  
JEF

RECTORADO: Av. José Pardo 104 Chimbote / Perú - Tel: 043 341070 / 342809 / 329034 Fax: 327866  
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos II s/m Urb. Los Pinos Tel: 043 323505 / 326150 / 328480 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Tel: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Tel: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Tel: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Para realizar el diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>3</sup> se siguen los pasos siguientes pasos.

1. Resistencia requerida promedio:  $f'_{cr} = 210$
2. Slump  $\Delta = 3'' - 4''$
3. Tamaño máximo Nominal.  $TMN = 3/4''$
4. Contenido de aire. 2%
5. Contenido de agua 205 litros
6. Relación Agua - Cemento A/C  $A/C = 0.68$
7. Cantidad de cemento.  $Cemento = \frac{205}{0.68} = 301.47 \text{ kg.}$

$$Vol. (Cemento) = \frac{301.47}{3.13 \cdot 1000} = 0.0963 \text{ m}^3$$

8. Cantidad de Agregado Grueso (Piedra Chancada).

$$Agregado Grueso = 0.61 \cdot 1546.44 = 943.33 \text{ kg}$$

$$Vol. (Agregado Grueso) = \frac{943.33}{2750} = 0.343 \text{ m}^3$$

9. Cantidad de Agregado Fino.

$$Vol. (Ag. Fino) = 1 - (0.020 + 0.205 + 0.0963 + 0.3430) = 0.3357 \text{ m}^3$$

$$Agregado Fino = 0.3357 \cdot 2720 = 913.10 \text{ kg}$$

Tabla N° 2 Datos de diseño peso seco

Descripción	Unidad	Cantidad
Cemento	Kg	301.47
Agregado Fino	Kg	912.98
Agregado Grueso	Kg	943.33
Agua	Litros	205.00

Fuente: Elaboración Propia.

10. Corrección por Humedad.  $Agregado Fino = 912.98 \times \left(\frac{5.8}{100} + 1\right) = 956.80 \text{ kg}$

$$Agregado Grueso = 943.33 \times \left(\frac{0.3}{100} + 1\right) = 946.16 \text{ kg}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
ING. ELIZABETH MAZA AMBRUSO  
CIP. 116044  
JIFE

RECTORADO: Av. José Pardo 184 Chimbote / Perú - Tel: 043 341078 / 342805 / 328034 Fax: 027889  
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos D s/n Urb. Los Pinos Tel: 043 323005 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel: 315042  
- Nueva Chimbote D1 -1 s.b. Las Casuarinas - Tel: 043 312042 - San Luis Nuevo Chimbote Tel: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Tel: (043) 345999 - www.usarpedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro

11. Humedad superficial.  $Agregado\ fino = 4.8 - 1.6 = 3.2$  (Aporta agua)  
 $Agregado\ Grueso = 0.3 - 1 = -0.7$  (Requiere Agua)
12. Aporte de agua a la mezcla.  $Agregado\ Fino = 3.2x\left(\frac{912.98}{100}\right) = 29.22\ lit$   
 $Agregado\ Grueso = -0.7x\left(\frac{943.13}{100}\right) = -6.60\ lit$   
Aporte de Agua =  $29.22 + (-6.60) = 22.62\ lit$  (Aporta Agua)
13. Cantidad de Agua Efectiva.  $Agua\ Efectiva = 205 - 22.62 = 182.38\ lit$

*Tabla N° 3 Datos de diseño corregido*

Descripción	Unidad	Cantidad
Cemento	Kg	301.47
Agregado Fino	Kg	956.80
Agregado Grueso	Kg	946.16
Agua	Litros	182.38

*Fuente: Elaboración Propia.*

*Tabla N° 4 Proporciónamiento de diseño Patrón*

#probetas	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (kg)	M <sup>3</sup>	MAT. TOTAL
1 m <sup>3</sup>	301.47	956.8	946.16	182.38	1	2386.81
27	51.78	164.35	162.52	31.33	0.1718	409.97
9	17.26	54.78	54.17	10.44	0.0573	136.66
3	5.75	18.26	18.06	3.48	0.0191	45.55
1	1.92	6.09	6.02	1.16	0.0064	15.18

*Fuente: Elaboración Propia.*



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 CARRERA INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 GEOTECCNICAS  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CP: 119544  
 JEFF



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 10%**

SOLICITA : Bach: VASQUEZ SALVADOR, Henry Antonio  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10% Y 16%- HUARAZ  
LUGAR : HUARAZ

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia a la compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días

*Tabla N° 5 Datos para diseño de mezcla ACI 211 Concreto Experimental 10% Tecnoport*

DESCRIPCION	UND	AGREGADO	
		FINO	Tecnoport
peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1638.45	12981.99
peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1762.73	1392.52
peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.41
peso específico de masa SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.65	2.44
peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.72	2.48
tamaño máximo	pulg	-	1"
tamaño máximo nominal	pulg	-	3/4"
contenido de humedad	%	4.8	0.3
porcentaje de absorción	%	1.6	1.1
módulo de finesa	-	2.91	0.00
peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>		3.13
peso específico del Agua	kg/m <sup>3</sup>		1000

Fuente: Elaboración Propia.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
ING. Elizabeth Plaza Ambrojo  
CP° 118044  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 104 Chimbote / Perú - Tel: 043 341078 / 32809 / 329034 Fax: 327899  
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Tel: 043 326505 / 329150 / 329480 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel: 345042  
- Nueva Chimbote 01-1 Urb. Las Casuarinas - Tel: 043 312642 - San Luis Nueva Chimbote Tel: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinoza - Tel: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro

*Tabla N° 6 Cantidad de material para el concreto experimental con sustitución de agregado grueso en 10% por material de tecnoport (poliestireno expandido).*

#probetas	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (kg)	Tecnoport (g)	M <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup>	301.47	956.80	851.54	182.38	472.61	1
27	51.78	164.35	146.27	31.33	81.18	0.172
9	17.26	54.78	48.76	10.44	27.06	0.057
3	5.75	18.26	16.25	3.48	9.02	0.019
1	1.92	6.09	5.42	1.16	3.01	0.006

Fuente: Elaboración Propia.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO  
 Ing. Elisaveth Masa Ambrusio  
 G.P. 118544  
 J.P.F.

**DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 15%**

SOLICITA : Bach: VASQUEZ SALVADOR, Henry Antonio  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10% Y 15% – HUARAZ  
 LUGAR : HUARAZ

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia a la compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días

*Tabla N° 7 Datos para diseño de mezcla ACI 211 Concreto Experimental 15% Tecnoport*

DESCRIPCION	UND	AGREGADO	
		FINO	Tecnoport
peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1638.45	1227.09
peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1762.73	1315.55
peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.28
peso específico de masa SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.65	2.30
peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.72	2.34
tamaño máximo	pulg	-	1"
tamaño máximo nominal	pulg	-	3/4"
contenido de humedad	%	4.8	0.3
porcentaje de absorción	%	1.6	1.2
módulo de finiza	-	2.91	0.00
peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>		3.13
peso específico del Agua	kg/m <sup>3</sup>		1000

Fuente: Elaboración Propia.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elisaveth Maza Ambrosio  
CIP: 116044  
2022



Tabla N° 8 Cantidad de material para el concreto experimental con sustitución de agregado grueso en 10% por material de tecnopor (poliestireno expandido).

#pruebas	Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)	Agua (kg)	Tecnopor (g)	M <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup>	301.47	956.8	804.24	182.38	708.91	1
27	51.78	164.35	138.14	31.33	121.77	0.1718
9	17.26	54.78	46.05	10.44	40.59	0.0573
3	5.75	18.26	15.35	3.48	13.53	0.0191
1	1.92	6.09	5.12	1.16	4.51	0.0064

Fuente: Elaboración Propia.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PERÚ - HUASTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE HERRAJE Y  
 CONCRETO REFORZADO  
  
 Ing. Elizabet Maza Ambrósia  
 CIP: 116644  
 JEFE

TESIS RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c= 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL  
 AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10%, 15% - HUARAZ

SOLICITA BACH. VASQUEZ SALVADOR, HENRY ANTONIO

DISTRITO HUARAZ

PROVINCIA HUARAZ

Peso unitario del concreto patrón

Muestra N°	1	2	3
Peso Material concreto + Molde (kg)	40.25	40.15	40.01
Peso del Molde (kg)	7.380	7.380	7.380
Peso del Material concreto (kg)	32.87	32.77	32.63
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.01372	0.01372	0.01372
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2395.06	2387.78	2377.58
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2386.81		

Peso unitario del concreto experimental con sustitución de 10% de Tecnoport.

Muestra N°	1	2	3
Peso Material concreto + Molde (kg)	38.75	38.85	38.93
Peso del Molde (kg)	7.380	7.380	7.380
Peso del Material concreto (kg)	31.37	31.47	31.55
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.01372	0.01372	0.01372
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2285.63	2293.39	2298.97
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2292.67		

Peso unitario del concreto experimental con sustitución de 15% de Tecnoport.

Muestra N°	1	2	3
Peso Material concreto + Molde (kg)	38.21	38.13	38.25
Peso del Molde (kg)	7.380	7.380	7.380
Peso del Material concreto (kg)	30.83	30.75	30.87
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.01372	0.01372	0.01372
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2246.42	2240.94	2249.40
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	2245.59		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 DPT. 118044  
 JEP

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA: Bach. Vasquez Salvador Henry Antonio

TESIS : "RESISTENCIA DEL CONCRETO DE Fc 210 kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10% Y 15% -HJAF

FECHA: 05/04/2018

F C : 210 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	146,9	70,0
2	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	147,7	70,3
3	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	146,3	69,7
4	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	189,8	90,4
5	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	191,7	91,3
6	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	188,3	89,7
7	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	219,6	104,6
8	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	218,3	104,0
9	CONCRETO PATRON	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	218,7	104,1

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FISICA - QUIMICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 110544  
JEFE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : Bach. Vasquez Salvador Henry Antonio

TESIS : "RESISTENCIA DEL CONCRETO DE Fc= 210 kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR TECNOPORT EN 10NY 15% -HUARAZ"

FECHA: 05/04/2018

F'c : 210 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	progresiva	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
Nº	ELEMENTO	KM.	["]	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	135,8	64,7
2.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	136,0	64,8
3.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	137,4	65,4
4.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	185,8	88,5
5.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	184,1	87,7
6.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	183,1	87,2
7.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	212,2	101,1
8.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	213,1	101,5
9.	CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE AG. GRUESO POR TECNOPORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	213,3	101,6

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - PERU  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
DESARROLLO DE MATERIALES

*Elizabeth Maza Ambrosio*  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 119544  
JEEE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : **Bach. Vasquez Salvador Henry Antonio**

TESIS : **"RESISTENCIA DEL CONCRETO DE Fc: 210 kg/cm2 CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR TECNOFORT EN 10%Y 15% -HUARAZ"**

FECHA: 05/04/2018

FC : 210 kg/cm2

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/FC
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	kg/cm2	(%)
1	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	129,5	61,7
2	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	129,2	61,5
3	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	27/02/2018	7	128,7	61,3
4	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	180,1	85,8
5	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	180,7	86,1
6	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	06/03/2018	14	181,5	86,4
7	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	206,5	98,3
8	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	207,7	98,9
9	CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE AG GRUESO POR TECNOFORT	-	3"	20/02/2018	20/03/2018	28	208,8	99,4

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENFERMEDADES DE MATERIAS  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE