



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO PROFESIONAL
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
(Proyecto profesional)

“CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL,
SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL AGREGADO
GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO
EXPANDIDO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN
MARTÍN - 2019”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR : BACH. KIARA MARITZA TUANAMA SARRIA

ASESOR : M. SC. ING. CALEB RÍOS VARGAS

TARAPOTO - SAN MARTÍN – SAN MARTÍN - PERÚ
2019

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por darme salud y fuerzas, para caminar en un sendero de gracia y esfuerzo contante.

A mi familia y amigos que me brindaron el soporte para lograr el objetivo de culminar la Carrera de Ingeniería Civil.

Kiara Maritza Tuanama Sarria.

AGRADECIMIENTOS

Quiero brindar mi agradecimiento especial a las siguientes personas e instituciones que estuvieron apoyándome en este proceso de aprendizaje:

- Al Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, por haber estado presente desde mi ingreso a las aulas universitarias, haber seleccionado a los mejores docentes y mantener vivo el interés de enrumbar a toda la promoción en el estudio y la investigación; por haberme asesorado en todo el proceso de investigación y, darme confianza durante su sustentación y defensa. En verdad, su persona es merecedora de mi eterno reconocimiento.
- Al Tco. Karol Cisowski del laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de la UCP-Iquitos, por su apoyo en la elaboración del diseño preliminar de mezclas de concreto sustituyendo parcialmente el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.
- Al Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú – Filial Tarapoto por brindarme la oportunidad de realizar los ensayos de la investigación.
- A la empresa ECOPOR por su contribución a la presente investigación mediante la donación de la cantidad suficiente de perlas de poliestireno expandido.



PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Con Resolución Decanal N° 566 -2019- UCP - FCEI del 11 de julio de 2019, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña Del Aguila, Dr. | Presidente |
| • Ing. Luis Paredes Aguilar, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc. | Miembro |

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 08:00 am, del día sábado 20 de julio de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional:

"CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN - 2019"

Presentado por el sustentante:

KIARA MARITZA TUANAMA SARRIA.

Asesor: Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.

Como requisito para optar el título profesional de: Ingeniero Civil.

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: Abusults

El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Por lo que la Sustentación es: Aprobado por unanimidad

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.

Miembro

Presidente

Miembro

CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 - 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 - 15
	Desaprobado (a)	: 00 - 12

APROBACIÓN

Trabajo de Suficiencia Profesional sustentado en acto público el 20 de Julio a
las 8:00 am del 2019



Ing. Carmen Patricia Cerdeña Del Águila, Dra.

PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. Luis Paredes Aguilar, M. Sc.

MIEMBRO DEL JURADO



Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc.

MIEMBRO DEL JURADO



Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc.

ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE CUADROS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. A nivel internacional	19
2.1.2. A nivel nacional	20
2.2. Bases Teóricas	22
2.2.1. El concreto	22
2.2.2. Componentes y complementos del concreto.....	23
2.2.2.1. Cemento Portland	23
2.2.2.2. Agua.....	25
2.2.2.3. Agregados.....	26
2.2.3. Fases de la producción del concreto	27
2.2.3.1. Dosificación.....	27
2.2.3.2. Mezclado.....	27
2.2.3.3. Transporte y colocación del concreto.....	28
2.2.3.4. Compactación	28
2.2.3.5. Curado del concreto.....	28
2.3. Concreto ligero.....	28
2.3.2. Concreto liviano con perlas de poliestireno	31
2.3.2.1. Propiedades y características	31
2.3.2.2. Dosificación de la mezcla.....	31
2.4. Características de los materiales	33
2.4.2. Cemento Portland Tipo I.....	33
2.4.3. Agregado Fino	33
2.4.3.1. Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C – 29).....	33
2.4.3.2. Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM C-128)	34
2.4.3.3. Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C–566).....	36

2.4.3.4.	Granulometría del agregado Fino: (NTP 400.012)	36
2.4.3.5.	Módulo de finura: (Norma NTP. 400.011)	37
2.4.3.6.	Superficie específica	38
2.4.3.7.	Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018)	38
2.4.4.	Agregado Grueso	39
2.4.4.1.	Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C-29).....	40
2.4.4.2.	Peso específico y absorción: (NTP 400.021)	42
2.4.4.3.	Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)	43
2.4.4.4.	Granulometría del agregado grueso: (NTP 400.012), (ASTM C-136) 44	
2.4.4.5.	Módulo de finura: (NTP 400.011)	45
2.4.4.6.	Superficie específica	46
2.4.4.7.	Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018)	46
2.4.5.	Agregado Global.....	47
2.4.5.1.	Granulometría	47
2.4.5.2.	Peso Unitario Compactado del Agregado Global.....	48
2.4.6.	Poliestireno Expandido	49
2.4.6.1.	Propiedades y características del poliestireno expandido.....	50
2.4.6.2.	Ventajas y desventajas	51
2.4.7.	Agua	52
2.4.8.	Aditivos	53
2.4.8.1.	Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante ...	54
2.5.	Diseños de mezcla de concreto	55
2.6.	Ensayos al concreto fresco	57
2.6.1.	Asentamiento: (NTP 339.035), (ASTM C – 143)	57
2.7.	Ensayos al concreto endurecido	58
2.7.1.	Resistencia a la compresión: (NTP 339.034)	58
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		59
3.1.	Materiales	59
3.2.	Variables	59
3.2.1.	Identificación de variables	59
3.2.2.	Operacionalización de variables	60
3.3.	Aspecto metodológico	60
3.3.1.	Tipo de Investigación.....	60
3.3.2.	Diseño de la Investigación.....	60
3.4.	Población y muestra.....	61

3.5. Hipótesis	61
3.6. Técnicas, instrumentos, procedimientos de recolección de datos y procesamiento de la información.	62
3.6.1. Técnicas	62
3.6.2. Instrumentos	62
3.6.3. Procedimientos de recolección de datos	62
3.6.4. Procesamiento de la Información	62
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	63
4.1. Características de los materiales	63
4.1.1. Agregado Fino	63
4.1.1.1. Peso unitario suelto (PUS)	63
4.1.1.2. Peso unitario compactado (PUC)	64
4.1.1.3. Peso específico y absorción	64
4.1.1.4. Análisis granulométrico y módulo de fineza	65
4.1.1.5. Material que pasa el tamiz N° 200	66
4.1.2. Agregado Grueso	67
4.1.2.1. Peso unitario suelto (PUS)	67
4.1.2.2. Peso unitario compactado (PUC)	68
4.1.2.3. Peso específico y absorción	69
4.1.2.4. Análisis granulométrico y módulo de fineza agregado grueso	70
4.1.2.5. Material fino que pasa el tamiz N° 200	71
4.1.3. Perla de Poliestireno	72
4.1.3.1. Peso unitario suelto (PUS) de la perla de poliestireno	72
4.1.3.2. Peso unitario compactado (PUC) de la perla de poliestireno	73
4.1.3.3. Peso específico y absorción de la perla de poliestireno	74
4.1.3.4. Análisis granulométrico de la perla de poliestireno	74
4.1.3.5. Módulo de fineza de la perla de poliestireno	77
4.1.3.6. Superficie específica de la perla de poliestireno	78
4.1.3.7. Cantidad de Material de poliestireno que pasa el tamiz N° 200	79
4.2. Fase de diseño y prueba	80
4.2.1. Diseño de Mezclas	80
4.2.1.1. Concreto liviano no estructural	81
4.2.2. Ensayos al concreto fresco	84
4.2.2.1. Asentamiento	84
4.2.3. Ensayos al concreto endurecido	85

4.2.3.1. Resistencia a la compresión	85
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	86
5.1. Análisis de las características de los materiales	86
5.2. Análisis de diseño de mezcla de concreto liviano no estructural	87
5.2.1. Análisis de diseño de mezclas	87
5.2.2. Análisis de los ensayos al concreto fresco	87
5.2.3. Análisis de los ensayos al concreto endurecido	88
5.2.3.1. Análisis de densidad	88
5.2.3.2. Análisis de resistencia de compresión	88
5.3. Verificación de Hipótesis	89
5.3.1. Hipótesis general	89
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	90
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
7.1. CONCLUSIONES	92
7.2. RECOMENDACIONES	93
CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	97
ANEXO 01: ENSAYOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	98
ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO	101
ANEXO 03: FICHAS TÉCNICAS	106

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA N°01: Cementos Peruanos	25
TABLA N°02: Principales componentes del cemento Portland	25
TABLA N°03: Cuadro de categorización de concretos livianos	29
TABLA N°04: Densidad y resistencia del concreto con perlas de poliestireno .	31
TABLA N°05: Diseños de mezcla para concretos con poliestireno	32
TABLA N°06: Diseño de mezcla para concreto convencional.....	32
TABLA N°07: Límites granulométricos según normas NTP 400.037	37
TABLA N°08: Tamaño máximo del agregado grueso.....	41
TABLA N°09: Cantidad mínima de la muestra del agregado grueso o global ..	44
TABLA N° 10: Huso DIM 1045 – Agregado Global.....	48
TABLA N°11: Porcentajes de agregados fino y grueso para agregado global sugerido.....	48
TABLA N°12: Peso unitario compactado de agregado global según % de arena.....	49
TABLA N° 12A: Ventajas del concreto liviano con poliestireno.....	51
TABLA N° 12B: Desventajas del concreto liviano con poliestireno.....	51
TABLA N°13: Límite permisible del agua	53
TABLA N°14: Operacionalización de variables.....	60
TABLA N° 15: Diseño de la Investigación Experimental.....	60
TABLA N°16: Peso unitario suelto del agregado fino.....	63
TABLA N°17: Peso unitario compactado del agregado fino	64

TABLA N°18: Peso específico y absorción del agregado fino	65
TABLA N°19: Análisis granulométrico del agregado fino.....	66
TABLA N°20: Material que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino.....	67
TABLA N°21: Peso unitario suelto del agregado grueso.....	68
TABLA N°22: Peso unitario compactado del agregado grueso	68
TABLA N°23: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	69
TABLA N° 24: Análisis granulométrico del agregado grueso.	70
TABLA N°25: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200.....	71
TABLA N°26: Peso unitario suelto de la perla de poliestireno.....	73
TABLA N°27: Peso unitario compactado de la perla de poliestireno.....	73
TABLA N°28: Peso específico y absorción de la perla de poliestireno.....	74
TABLA N°29: Análisis granulométrico de la muestra N° 01 de poliestireno.	74
TABLA N°30: Análisis granulométrico de la muestra N° 02 de poliestireno.	75
TABLA N°31: Análisis granulométrico de la muestra N° 03 de poliestireno.	76
TABLA N°32: Módulo de fineza de la perla de poliestireno.....	77
TABLA N°33: Superficie específica muestra N° 01 del poliestireno.	78
TABLA N°34: Superficie específica muestra N° 02 del poliestireno.	78
TABLA N°35: Superficie específica muestra N° 03 del poliestireno.	79
TABLA N°36: Material que pasa por el tamiz N° 200 perla de poliestireno	80
TABLA N°37: Categorización de los concretos livianos	81
TABLA N°38: Diseño concreto liviano no estructural – CL01.....	81
TABLA N°39: Cuadro de resistencia a la compresión CL-01	85
TABLA N°40: Cuadro resumen de las características de materiales	86
TABLA N°41: Cuadro resumen diseño de mezclas “Concreto liviano no estructural”	87

TABLA N°42: Cuadro resumen de ensayos al concreto fresco	87
TABLA N°42A: Cuadro resumen de ensayo.	88
TABLA N°43: Cuadro resumen de ensayos de resistencia a la compresión....	88
TABLA N°44: Cuadro de verificación de Hipótesis.....	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°01: Curva granulométrica del agregado fino.	66
GRÁFICO N°02: Curva granulométrica del agregado grueso.	66
GRÁFICO N°03: Imágenes panorámicas dentro de la empresa Ecopor.....	72
GRÁFICO N°04: Curva granulométrica muestra N° 01 perla de poliestireno... 75	
GRÁFICO N°05: Curva granulométrica muestra N° 02 perla de poliestireno... 76	
GRÁFICO N°06: Curva granulométrica muestra N° 03 perla de poliestireno... 77	
GRÁFICO N°07: Asentamiento del concreto liviano no estructural –CL01	84
GRÁFICO N°08: Rotura de concretos liviano no estructural	85
GRÁFICO N°09: Ensayo de compresión CL-OP a los 7 días.	98
GRÁFICO N°10: Ensayo de compresión CL-OP a los 14 días.....	99
GRÁFICO N°11: Ensayo de compresión CL-OP a los 28 días.....	100

RESUMEN

El uso de concreto liviano no estructural a partir de la mezcla de agregado fino de módulo de fineza promedio 1,73, agregado grueso de módulo de fineza 6.66 y perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo nominal $\varnothing \frac{1}{4}$ " en sustitución del 30% de volumen de agregado grueso, cemento portland, agua y aditivos, es técnicamente factible; sin embargo, es necesario, sus propiedades y regular su uso en la normativa correspondiente; problemática abordada en esta investigación de tipo experimental, que ha permitido determinar las propiedades físicas y mecánicas de este tipo de concreto liviano, utilizando el aditivo superplastificante (Neoplast 8500 HP), pero manteniendo constante la relación a/c, el porcentaje de agregado fino del diseño de Pinchi y Chávez (2015) de la canteras del Río Cumbaza, el agregado grueso del distrito de Alberto Leveau y las perlas de poliestireno expandido.

El concreto elaborado a base de poliestireno expandido en combinación con el aditivo en cuestión, con una relación en peso aditivo/cemento de 0.006 de Neoplast, fue de densidad superior a los 2170.554 kg/m³; a los 28 días se alcanzó, una resistencia a la compresión de 173 kg/cm², con lo cual ha quedado probada que se ha superado el rango de resistencia a la compresión, para concretos livianos, propuesta por la Portland Cement Association.

Palabras Clave: Concreto liviano no estructural, perla de poliestireno expandido, aditivo superplastificante.

ABSTRACT

The use of non-structural lightweight concrete from the mixture of fine aggregate of modulus of fineness average 1.73, aggregate thickness of modulus of fineness 6.66 and expanded polystyrene beads of maximum nominal size $\varnothing \frac{1}{4}$ "in substitution of 30% volume of coarse aggregate, portland cement, water and additives, is technically feasible, being necessary to know the dosage and regulate its use in the corresponding regulations; problematic addressed in this research of experimental type, which has allowed to determine the physical and mechanical properties of this type of lightweight concrete, using the superplasticizing additive (Neoplast 8500 HP), but maintaining the ratio a / c , the percentage of fine aggregate of the design of Pinchi and Chavez (2015) from the quarries of the Cumbaza River, the coarse aggregate of the quarry of Buenos Aires and the polystyrene beads.

The concrete made from expanded polystyrene in combination with the additive in question, with an additive weight / cement ratio of 0.006 Neoplast, was of density higher than 2173.554 kg / m³, after 28 days it was reached, a resistance to the compression of 173kg / cm², which has been proven to have exceeded the range of resistance to compression, for lightweight concrete, proposed by the Portland Cement Association.

Keywords: Non-structural lightweight concrete, expanded polystyrene bead, superplasticizing additive.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La investigación se circunscribe al estudio experimental del concreto liviano no estructural, elaborado a partir de la sustitución parcial del agregado grueso de las canteras del distrito Alberto Leveau -provincia de San Martín-, por perlas de poliestireno expandido para lograr resistencias cercanas y/o superiores a los ladrillos de arcilla. Limitándose a estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto que se obtuvo al sustituir el 30% del volumen de agregado grueso correspondiente a los diámetros de $\varnothing=1/4"$ hasta $\varnothing=1/2"$, por perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo $\varnothing=1/8"$. El porcentaje de agregado grueso que se sustituyó fue de 30% con una relación A/C de 0.55. Considerando experiencias de investigaciones sobre este tipo de materiales, se empleó un aditivo superplastificante. Estudio que incluye la ejecución de los ensayos de laboratorio preliminares de los materiales y de aquellos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del diseño de mezcla de este tipo de concreto, buscando alcanzar las resistencias aceptables correspondientes a densidades del concreto liviano no estructural.

Las propiedades físicas que se han determinado están referidas a la granulometría de los agregados, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, absorción, granulometría, módulo de finura, superficie específica, material que pasa la malla N° 200; asimismo, medición del asentamiento del concreto fresco y densidad del concreto endurecido; y en el caso de las propiedades mecánicas la única que se estudió fue la resistencia a la compresión del concreto endurecido. Los ensayos de rotura a la resistencia de compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días.

En los últimos años, se ha experimentado con diversos agregados en la mezcla de concreto, buscando conseguir similar comportamiento a nivel de resistencia, plasticidad y hasta costos; así, en estudios anteriores, en nuestro país y en otros, se hicieron investigaciones respecto al concreto ligero utilizando como agregados a las perlitas de poliestireno expandido, y agregado fino. Los componentes empleados cuentan con sus propias características físicas y mecánicas que pueden diferir con los materiales con las que se cuenta en nuestra región. En la Universidad Científica del Perú – UCP, en su Programa

Académico de Ingeniería Civil, en el Área de Ingeniería y Tecnología, existe la línea de investigación: “Ingeniería de los materiales y construcción de infraestructura”, razón por la cual se propuso iniciar en el estudio de los concretos livianos hechos a base de agregados artificiales. En tal sentido, nace el interés de contribuir con los estudios sobre el concreto liviano con perlas de poliestireno para que puedan ser usados en el análisis, diseño y construcción de estructuras livianas, bajo la premisa de no poder controlar la carga viva de la construcción, ya que es muy variable y depende del uso que se le pueda dar; sin embargo, es posible aminorar la carga muerta disminuyendo la densidad del concreto, sin desmejorar las características físicas y mecánicas del concreto para insumirse en ciertos elementos estructurales, como un concreto liviano no estructural.

No existe estudio alguno sobre el concreto, en San Martín, por el cual se haya determinado la influencia de la sustitución parcial del agregado grueso por perlas de poliestireno expandido, necesitándose conocer las propiedades físicas y mecánicas del concreto producido al efectuar tal sustitución; razón por la cual el objetivo general del trabajo de investigación consistió en “Determinar las características físicas y mecánicas del concreto liviano al ser sustituido parcialmente, el agregado grueso de la mezcla por perlas de poliestireno expandido y cemento Portland tipo I. Los objetivos específicos consistieron en: “Determinar los valores de las propiedades físicas, resultantes del diseño de mezcla del concreto obtenido con el agregado fino de las canteras del río Cumbaza, sector 03 de Octubre, provincia y departamento de San Martín; sustituyendo parcialmente el 30% de agregado grueso de las canteras del ámbito del distrito de Alberto Leveau, provincia y departamento de San Martín por perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo $\varnothing=1/8$ ”; y, en “Determinar la resistencia a la compresión del concreto al sustituir parcialmente el agregado grueso de mayor diámetro hasta el tamaño máximo $\varnothing=3/8$ ”, por perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo de $\varnothing=1/8$ ”.

La hipótesis que direccionó la investigación fue: “Las propiedades físicas y mecánicas del concreto, elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial de hasta el 30% del agregado grueso de las canteras del distrito en mención, están en el rango establecido en la norma, para su uso como concreto liviano no estructural”.

La presente investigación ha quedado plenamente justificada por las siguientes razones sociales, económicas y ambientales: La mayor demanda de infraestructura urbana en la ciudad de Tarapoto y otras ciudades de la región San Martín debido a la vertiginosa migración del campo a la ciudad como expresión del desarrollo socio económico del país; y, a ello se adecúa el desarrollo de la actividad constructora, así lo acusa el PBI histórico de los últimos años que está en alrededor del 6% anual (Chávez y Pinchi, 2015). En Tarapoto el área urbana de la capital de la provincia de San Martín en los distritos de Morales y Banda de Shilcayo, se está desarrollando aceleradamente la habilitación urbana y reconstrucción de viviendas de adobe y tapial utilizando ladrillo y concreto; y construcción de nuevas viviendas tanto unifamiliares, en condominios y torres de departamentos (75 millones de dólares de inversión pública anual en infraestructura para estos tres distritos de la provincia de San Martín). Ante este crecimiento hace no menos de 15 años se instaló la primera planta chancadora de piedra y desde el 2014 existen dos plantas en producción de concreto premezclado que producen alrededor de 1 600 m³/mes, logrando satisfacer ambas sólo el 46% de la demanda; a esta oferta de producción de concreto premezclado se agrega una nueva planta de premezclado que está en proyecto de capacidad de 1246 m³/mes; sin embargo, también existe la autoconstrucción a través de la cual el concreto se elabora utilizando agregados con distribución granulométrica mal gradada y el mezclado se realiza sólo con herramientas manuales, implicando en la mayoría de los casos el deficiente resultado de la calidad del concreto (Chávez y Pinchi, 2015).

El área de extracción de materiales de construcción en general presenta un deterioro paisajístico y morfológico, así mismo se genera emisiones de material y polvo, durante las fases de extracción y comercialización. En el área de estudio de la región San Martín se requiere cumplir con la fase de beneficio y transformación de los agregados pétreos hasta transformarlo en arena y piedra chancada de diferente diámetro (Irigoin, 2015).

Una de las mayores fuentes generadoras de la contaminación por dióxido de carbono, según refiere Manrique (2016), por estudios realizados por la Universidad Politécnica de Valencia, es el sector de la construcción, siendo el responsable de la emisión del 30% a 40% de los gases que producen el efecto

invernadero y del 50% del balance mundial de las emisiones totales; a lo cual se adiciona el hecho que las empresas mineras y los Estados mismos, no han tenido, a lo largo del tiempo, el debido cuidado y control de los impactos ambientales durante la explotación de las canteras de material pétreo utilizado en la preparación del no menos el 80% del volumen concreto (Álvarez y Irigoin, 2014). A esta realidad, si se incluye las enormes cantidades de poliestireno que se generan en la industria del petróleo, subproducto altamente tóxico para el planeta, que no es biodegradable y que su descomposición tarda unos mil años, a lo que Manrique (2016) agrega, el caso de que si es consumido por animales marinos y aves les ocasiona la muerte; asimismo, en los últimos años, la idea principal ha sido lograr un concreto estructural liviano, aislante térmico y acústico, a partir de la sustitución del agregado grueso, por perlas de poliestireno expandido las que al estar formadas en un 98% de aire, permitirá construcciones ecológicamente más eficientes y de bajo precio; situación que nos coloca en un escenario que obliga a la academia a tomar una posición en la solución de esta problemática, y contribuir con el desarrollo sostenible en el Perú.

Asimismo, esta investigación, constituirá un aporte en el aspecto metodológico, pues para la preparación del concreto liviano no estructural queda establecido la distribución granulométrica del agregado global, distribución granulométrica de las perlas de poliestireno, módulo de fineza de agregados y perlas; y, parámetros de dosificación de los elementos constituyentes del concreto, relación A/C, y la dosificación del aditivo superplastificante.

Este Informe Final ha sido estructurado en siete (7) capítulos: Capítulo I: Introducción; Capítulo II: Marco Teórico Referencial, que incluye Antecedentes del Estudio, Bases Teóricas y Definición de Términos Básicos; Capítulo III: Metodología de la Investigación, que contiene básicamente Materiales y Métodos; Capítulo IV: Resultados; Capítulo V: Discusión; Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones; Capítulo VII: Referencias Bibliográficas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

En los últimos 40 años, en procesos innovadores, se ha experimentado con diversos tipos de agregados en la preparación de mezclas de concreto desde las autocompactables hasta las livianas, éstas últimas, por sustitución de parte del agregado fino por cenizas volantes, partículas plásticas y otros, o por uso de agregado grueso poroso o sustitución parcial o total de éste por perlas de poliestireno expandido; siendo, el comportamiento mecánico de resistencia y plasticidad las evaluadas en comparación con la variable costo. El objetivo principal ha sido lograr un concreto estructural liviano, utilizando el poliestireno expandido, material plástico, proveniente del petróleo, a partir del cual se elaboran perlas constituidas en un 98% de aire, para sustituir al agregado grueso, se estará logrando un concreto liviano, aislante térmico y acústico para construcciones ecológicamente más eficientes y de bajo precio; además, se busca insumir el poliestireno, producto altamente tóxico para el planeta, cuya descomposición tarda unos mil años, y si es consumido por animales marinos y aves les ocasiona la muerte (Manrique, 2016).

(QUESADA VÍQUEZ, 2014), en su trabajo de investigación “Estudio exploratorio en diseño de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A”. buscó la elaboración de productos de espuma de concreto, concreto liviano no estructural y concreto estructural liviano utilizando los agregados de la zona. Señala que altos contenidos de aire en la mezcla afectan directamente la resistencia a la compresión, sugiriendo reducir la densidad, sin afectar demasiado la resistencia, con la implementación de materiales de baja densidad, como el poliestireno expandido, en lugar del agregado grueso convencional; pero, advierte que, con los resultados obtenidos hasta ahora no se pueden llamar concretos estructurales.

Para la espuma de concreto, con una relación A/C de 0.48 y un contenido de aire del 45%, obtuvo un concreto de 765 kg/m³ de densidad, con una resistencia a la compresión de 1.3 Mpa (13.26 Kg/cm²) y 1,6 MPa (16.32 Kg/cm²) a los 7 y 28 días respectivamente. En su diseño utilizó el 75% de perla de poliestireno expandido con 5.3 de módulo de fineza y el 25 % de arena con módulo de fineza 3.8, incluyendo también 3.26 L/m³ de plastificante y 1.87 L/m³ de aditivo incorporador de aire.

Para el concreto liviano no estructural, su diseño con relación A/C de 0.58 y un contenido de aire del 6,5%, alcanzó un concreto de 1580.7 kg/m³ de densidad y una resistencia a la compresión de 12 Mpa (122.4 Kg/cm²) y 16,1 Mpa (164.22 Kg/cm²) a los 7 y 28 días respectivamente. En este caso, utilizó el 45% de perla de poliestireno expandido con módulo de fineza 5.3 y el 55% de arena de módulo de fineza 3.8, incluyendo también 4.96 L/m³ de plastificante, pero sin aditivo inclusor de aire.

Finalmente, para el concreto estructural de baja densidad, a partir de una relación A/C de 0.57 y un contenido de aire del 4,6% logró obtener un diseño a base de piedra y arena de Guacalillo, el cual permite obtener, en promedio, un concreto de 2041.7 kg/m³ de densidad, con una resistencia a la compresión 24 Mpa (244.8 Kg/cm²) y 35,2 Mpa (359.04 Kg/cm²) a los 7 y 28 días respectivamente. Esto se logró incluyendo el 40% de piedra con módulo de fineza 6.9, peso unitario suelto de 1123 Kg/m³ y 60% de arena con módulo de fineza 3.8, incluyendo también 4.96 L/m³ de plastificante y 0.22 L/m³ de aditivo inclusor de aire.

2.1.2. A nivel nacional

En la Universidad Nacional de San Martín – repositorio: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/323> , existen los siguientes trabajos de investigación de tesis y otros: “Estudio del concreto de mediana a baja resistencia variando el módulo de finura del agregado fino” (tesista: Rique Pérez, Gustavo Jeremías – 2011; “Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto” (tesista: Pinchi Vásquez, Eduardo – 1997); Variación del

módulo de finura del agregado fino de 3.0 a 3.6 en concreto de mediana a baja resistencia” (tesista: Burgos Pauro, Edwin Galván – 2012); “Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra” (tesista: Jordan Saldaña, José Carlos – 2014); “Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método del agregado global y módulo de finura” (investigador del Artículo: Gonzales García, José Luis – 2003), pero no existe estudio alguno sobre la sustitución de agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.

(RODRIGUEZ CHICO, 2017), en su proyecto para obtener el título de Ingeniero Civil “Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural – Cajamarca”, recomienda que al momento de mezclado de los componentes se agregue un porcentaje mayor de poliestireno expandido ya que pequeños incrementos de éste influyen en gran medida en la densidad y resistencia final; asimismo, usar agregado fino de río lavado y redondeado para el mejor acomodo de partículas entre el agregado fino y el poliestireno expandido. Utilizando el 7.61% de perla de poliestireno expandido modificado con densidad de 154.17 Kg/m³ y el 92.39% de arena con módulo de fineza 2.71, con relación A/C de 0.47, encontró un concreto de densidad 1232.12 Kg/m³ y con una resistencia a la compresión de 20.30 Kg/cm² y 35.84 Kg/cm² a los 7 y 28 días, respectivamente, con módulo de elasticidad a los 28 días de 34146.6 Kg/cm². Rodríguez Chico (2017) concluyó, además, que estos bloques presentan propiedades acústicas, térmicas y son de gran resistencia al fuego.

(YAGUAL VERA & VILLACÍS APOLINARIO, 2015), indican “El manejo del poliestireno expandido presenta ciertas complicaciones, especialmente a la hora de su dosificación por peso, lo cual podría provocar ocasionalmente variaciones en la mezcla si no se maneja con cuidado. Lograron un diseño con una relación A/C de 0.60, obteniendo un concreto de 1617.29 kg/m³ de densidad y una resistencia a la compresión de 121.60 Kg/cm² y 172.82 Kg/cm² a los 7 y 28 días, respectivamente, y un módulo de elasticidad a los 28 días de 12.2 Gpa (124405.4 Kg/cm²).

(CALDERÓN MAMANI, 2016) en su investigación “Influencia del poliestireno, aditivo incorporador de aire en el comportamiento mecánico del concreto con agregado natural y procesado de la ciudad de Huancané” se propuso determinar las propiedades mecánicas del concreto con poliestireno, aditivo incorporador de aire en el concreto, con agregado natural de la cantera Isla-Juliaca y agregado procesado de la cantera Quechaya Huancané. Se elaboró dos grupos de especímenes, con 21 probetas cada uno; en el primer grupo, 03 solamente con agregado natural, 09 agregando poliestireno en 0.3%, 0.6% y 0.9%, según el peso del cemento, y otros 09 agregando aditivo incorporador de aire en 0.3%, 0.6% y 0.9% según el peso del cemento. En el segundo grupo, 03 de ellos con agregado procesado, 09 agregando poliestireno en 0.3%, 0.6% y 0.9%, según peso del cemento, y otros 09 agregando, además, aditivo incorporador de aire.

Los resultados de resistencias y módulos de elasticidad, obtenidos para el primer grupo de probetas, fueron de f_c 20.24 Mpa, 19.25 Mpa y 17.49 Mpa y módulos de elasticidad de 19742.72 Mpa, 18639.79 Mpa y 16425.75 Mpa respectivamente. Sin embargo, al agregarse 0.3%, 0.6% y 0.9% de aditivo incorporador de aire según el peso del cemento obtuvieron resistencias f_c de 19.95 Mpa, 19.11 Mpa y 18.39 Mpa y módulos de elasticidad de 19607.15 Mpa, 18651.87 Mpa y 17448.05 Mpa, respectivamente. En el segundo grupo, se obtuvieron resistencias f_c de 23.38 Mpa, 20.59 Mpa y 18.29 Mpa y módulos de elasticidad de 19106.73 Mpa, 18309.30 Mpa y 17193.71 Mpa, respectivamente. Pero, al agregarse 0.3%, 0.6% y 0.9% de aditivo incorporador de aire según el peso del cemento, las resistencias fueron de f_c de 21.05 Mpa, 19.36 Mpa y 17.63 Mpa y los módulos de elasticidad de 19563.32 Mpa, 19242.56 Mpa y 18581.29 Mpa, respectivamente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El concreto

El concreto es un producto o masa conformada por un medio aglutinador, que generalmente es producto de la reacción química entre el cemento hidráulico

y el agua. Sin embargo, hoy día esta definición abarca una amplia gama de productos; hay concretos hechos con diferentes tipos de cemento: puzolana, ceniza, escoria de alto horno, aditivo dosificado, sulfuro, ingredientes para mezcla, polímeros y fibras, entre otros. Además, esos concretos pueden ser calentados, calentados al vapor, en autoclaves tratados al vacío, comprimidos hidráulicamente, son sometidos a choques y vibraciones, forzados a presión y pulverizados. (A.M & J.J, 1998)

En la industria de la construcción, el concreto es definido como aquel material heterogéneo, compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (RIVVA LÓPEZ, 2013). En la actualidad, el concreto es el material de construcción más importante y de frecuente utilización en las grandes construcciones de infraestructura, a cuyos requerimientos le corresponde un amplio rango de propiedades, las que se consiguen ajustando apropiadamente las proporciones de los materiales que lo constituyen; sin embargo, tanto para un mal concreto o uno de excelentes características, los insumos son exactamente los mismos, entonces, la diferencia consiste en saber cómo hacerlo (A.M & J.J, 1998).

2.2.2. Componentes y complementos del concreto

2.2.2.1. Cemento Portland

La Norma de Estructuras E.060 Concreto Armado – 2009, define al Cemento Portland como un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. El cemento por adición de una cantidad

conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire.

Históricamente, la principal organización de políticas, investigación, educación e inteligencia de mercado que sirve a los fabricantes de cemento de Estados Unidos es la Portland Cement Association (PCA), fundada en 1916 y ahora cuenta con instalaciones en los 50 Estados. Los miembros de PCA representan el 93% de la capacidad de producción de cemento de los EE.UU. La PCA promueve la seguridad, sostenibilidad y la innovación en todos los aspectos de la construcción, fomenta la mejora continua en la fabricación y distribución de cemento y, en general, promueve el crecimiento económico y la inversión de infraestructura sólida.

La norma ASTM C-150 normaliza los cementos hidráulicos que pueden ser usados para la producción de concreto. En el mercado peruano, existen los siguientes tipos:

- **Tipo I:** Se le conoce como cemento Portland ordinario y es el de mayor comercialización en el mercado. Se usa, donde no se requieren propiedades especiales.
- **Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Se emplea en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- **Tipo III:** Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Se usa en climas fríos o en los casos en que se necesite adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- **Tipo IV:** De bajo calor de hidratación. Generalmente, se lo usa para concretos masivos.
- **Tipo V:** Alta resistencia a los sulfatos. Su uso es obligado para ambientes muy agresivos.

Los valores de esta tabla han sido determinados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

TABLA N°01: Cementos Peruanos

Marca	Tipo	Peso específico	Superficie específica(cm ² /gr)
Sol	I	3.11	3500
Atlas	IP	2.97	5000
Andino	I	3.12	3300
Andino	II	3.17	3300
Andino	V	3.15	3300
Pacasmayo	I	3.11	3100
Yura	IP	3.06	3600
Yura	IPM	3.09	3500
Rumi	IPM	...	3800

Fuente: (RIVVA LÓPEZ, 2013) - Libro Diseño de Mezclas.

TABLA N°02: Principales componentes del cemento Portland

Nombre del componente	Composición oxida	Abreviatura
Silicato de tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
Silicato de bicálcico	2CaO.SiO ₂	C ₂ S
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Ferroaluminato tetra cálcico	4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Fuente: (A.M & J.J, 1998) - Libro Tecnología del Concreto

2.2.2.2. Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (HARMSEN, 2005)

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla

y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos. El agua utilizada para la preparación y curado del concreto deberá cumplir con las exigencias de la Norma NTP 339.088.

2.2.2.3. Agregados

Los agregados, llamados también áridos o inertes, son definidos como el conjunto de partículas, sean éstos de origen natural o artificial, que puedan ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011

Los agregados ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total del concreto, por lo que es preciso tener un especial cuidado en el estudio de su origen a partir del tipo de la roca madre y sus principales características físicas y químicas, porque éstas influyen directamente en la calidad del concreto. Las características físicas más importantes de los agregados son: peso unitario, peso específico, contenido de humedad, porosidad y la distribución granulométrica de las partículas, conocida como granulometría, el módulo de finura; para las cuales existen una serie de ensayos de laboratorio estandarizados, para su comparación con valores de referencia establecidos en las Normas o para establecerlo en los diseños de mezcla de concreto.

(RIVVA LÓPEZ, 2013), señala: La granulometría es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la trabajabilidad del concreto en estado fresco y en las propiedades del concreto endurecido, como la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad.

El muestreo de los agregados es una operación fundamental en el proceso de control de calidad, se realiza según la Norma Técnica NTP 400.010, concordante con la Norma ASTM C 702.

El agregado según diámetro de las partículas, se divide en agregados grueso y fino; los cuales, como se verá, cumplen funciones diferentes, pero complementarias en el concreto. Muchas veces, ambos agregados están naturalmente mezclados en canteras en el lecho de los ríos, al que se le conoce en Perú como hormigón y en muchos de los casos se usa para preparar concreto sin el tratamiento, chancado y separación granulométrica previa.

2.2.3. Fases de la producción del concreto

2.2.3.1. Dosificación

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o adherencia correctos. Generalmente expresado en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). (WIKIPEDIA, 2018).

2.2.3.2. Mezclado

La operación de mezclado consiste básicamente en la rotación o batido, con el propósito de cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con la pasta de cemento y mezclar todos los ingredientes del concreto en una masa uniforme; esta uniformidad no debe afectarse durante el proceso de descarga de la mezcladora.

El tiempo mínimo de mezclado del concreto es función de la cantidad de mezcla a preparar y del número de revoluciones de la mezcladora. Se mide a partir del instante en que todos los ingredientes están en la máquina. Una especificación usual es la de un minuto por 0.75m^3 adicionales. Sin embargo, el código ACI requiere de un tiempo mínimo de un minuto y medio (ACI-5.8.3) (HARMSEN, 2005).

2.2.3.3. Transporte y colocación del concreto

Hay muchos métodos para transportar el concreto de la mezcladora a la obra. La elección dependerá, desde luego, de consideraciones económicas y de la calidad del concreto a transportar. Se puede utilizar, desde carretillas, cubetas, saltadoras y transportadores de banda, hasta camiones especiales y de bombeo. Lo importante es que la mezcla mantenga su cohesividad y no se segregue.

La colocación del concreto se refiere a su vaciado dentro del encofrado.

2.2.3.4. Compactación

Consiste en eliminar el exceso de aire atrapado en la mezcla, logrando una masa uniforme, que se distribuya adecuadamente en el encontrado y alrededor del refuerzo. Es muy importante para conseguir un buen concreto. La compactación puede hacerse manualmente mediante el chuceo o haciendo uso de vibradores. (HARMSEN, 2005).

2.2.3.5. Curado del concreto

Proceso mediante el cual se busca tener saturado el concreto en el agua, hasta que los espacios ocupados por agua inicialmente sean ocupados por el gel producto de la hidratación del cemento. La falta de curado acarrea la reducción de la resistencia. Existen alternativamente otros tipos de curado.

2.3. Concreto ligero

(A.M & J.J, 1998), en su libro sobre Tecnología del Concreto clasifica al concreto ligero en tres tipos. Estos son los siguientes:

1. Al usar el agregado ligero poroso de baja gravedad específica aparente, por ejemplo, más baja que 2.6. A este tipo de concreto se conoce concreto de agregado ligero.
2. Al introducir grandes vacíos dentro del concreto o masa de mortero, estos vacíos se deben distinguir de los huecos extremadamente finos

producidos por arrastre de aire. A este tipo de concreto se le llama concreto aireado, concreto celular, concreto espumoso o concreto gaseoso.

3. Al omitir el agregado fino de la mezcla, de modo que un gran número de vacíos intersticiales estén presentes, se usa por lo general agregado grueso de peso normal. Este concreto se conoce como sin finos.

(QUESADA VÍQUEZ, 2014), realizó un cuadro de doble entrada con la categorización de los concretos livianos, tomando como base los conceptos de la “Portland Cement Association”.

TABLA N°03: Cuadro de categorización de concretos livianos

Diseño(meta)	Densidad(kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Descripción
A	Menor a 1000	Menor a 5	Espuma de concreto
B	1000-1800	5-17	Concreto liviano no estructural
C	1800-2100	Mayor a 17	Concreto liviano estructural

Fuente: (QUESADA VÍQUEZ, 2014) - Informe de Tesis.

El ACI 213R-87 (“Guide to structural Lightweight Aggregate Concrete” ACI manual of concrete Practice, Parte 1), para diferenciar los diferentes tipos de concretos ligeros ha establecido la siguiente clasificación:

- **Concreto ligero de uso no estructural**, es aquel con densidad entre 1120 y 1920 kg/m³, generalmente está compuesto de una mezcla de agregado ligero con agregado de peso normal. Para cumplir requisitos estructurales deberá poseer una resistencia mínima a la compresión de 17Mpa.
- **Concreto de moderada resistencia**, es aquel con densidad menor que la del concreto ligero para uso estructural, generalmente se emplea para

brindar aislamiento térmico. Deberá alcanzar una resistencia a la compresión entre 7 y 17 Mpa.

- **Concreto de baja densidad**, en estos concretos la densidad varía entre 300 y 800 kg/m³; se utilizan con fines no estructurales, principalmente como aislamiento térmico.

Por otro lado, en el libro de Concreto de Mindes, Young & Darwin, se sugiere otra clasificación que considera solamente dos tipos de concretos ligeros, según el agregado que se utilice en su fabricación:

- **Concreto aireado en autoclave o concreto celular:** este concreto se produce especialmente para proveer aislamiento térmico (pues la matriz porosa será la encargada de brindar este aislamiento, debido a la baja conductividad del aire que se mencionó anteriormente), o como aligerante. En su preparación se utiliza los materiales comúnmente conocidos como agua, arena, cemento y aire, de los cuales, este último es el de mayor importancia en este tipo de concretos. La mayoría de estos concretos “aireados” necesitan de un aditivo que origina la formación de gases para generar burbujas de aire que posteriormente serán inyectadas a la matriz; por lo que también se le denomina concreto “espumante”. Por otro lado, está el concreto celular con autoclave que mediante la inmersión de calor al espécimen evita que la matriz de poros colapse formando una red muy resistente y además ordenada (CAMPOS, 2014)
- **Concreto con agregados ligeros.** Concreto elaborado con agregados especiales diferentes a los procedentes de las rocas calizas con los que generalmente se elaboran los concretos convencionales. Estos agregados especiales poseen una elevada porosidad que es la responsable de su baja densidad. Entre los agregados más utilizados para la fabricación de estos concretos están los tipos expandidos que son de carácter natural que al ser sometidos a un proceso térmico adquieren su carácter poroso (por ejemplo, perlas de poliestireno expandido). Por otro lado, están los agregados de origen artificial, los cuales, por poseer un coeficiente de conductividad muy bajo, oponen buena resistencia al paso

del calor debido a su microestructura, ya que la mayoría de ellos son de origen polimérico.

2.3.2. Concreto liviano con perlas de poliestireno

Concreto que se obtiene mezclando cemento, arena, agua y perlitas de poliestireno expandido. Este tipo de concreto se diferencia de otros concretos livianos por las propiedades que le aportan las partículas de poliestireno.

2.3.2.1. Propiedades y características

(PAULINO FIERRO & ESPINO ALMEYDA, 2017) En su tesis cita las propiedades más resaltantes que brinda el concreto liviano elaborado con perlitas de poliestireno.

- Baja densidad
- Excelente aislamiento térmico.
- Menor absorción de humedad.
- Baja resistencia Mecánica.
-

TABLA N°04: Densidad y resistencia del concreto con perlas de poliestireno

Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
200	8
250	10
300	15
350	19

FUENTE: (PAULINO FIERRO & ESPINO ALMEYDA, 2017)

2.3.2.2. Dosificación de la mezcla

Para la dosificación de la mezcla de concreto liviano no estructural con perlas de poliestireno, se tuvo como referencia a los diseños siguientes:

TABLA N°05: Diseños de mezcla para concretos con poliestireno

Diseños de mezcla definitivos con agregado seco			
Dosificaciones	Espuma de concreto	Concreto liviano no estructural	Concreto estructural de baja densidad
Volumen (L)	35	35	35
Relación A/C	0.48	0.58	0.57
Contenido de cemento (kg/m ³)	270	410	410
Porcentaje de Aire (%)	45	7	4.5
Cemento (kg)	9.45	14.35	14.35
Arena (Kg)	5.93	21.92	27.26
Piedra (kg)	-	-	17.27
Poliestireno expandido (kg)	0.10	0.10	-
Agua (kg)	4.92	9.75	11.42
Sikament HE200 (ml)	114	172.2	172.2
Sikalightcrete (ml) 43,70 0,00 7,96	43.70	0.00	7.96

FUENTE: (QUESADA VÍQUEZ, 2014)

TABLA N°06: Diseño de mezcla para concreto convencional

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL	
Cemento (kg/m ³)	332.00
Agua (Lt.)	192.80
Agregado Fino	679.00
Agregado Grueso	1114.00
Relación A/C	0.55
Porcentaje de aire	2.5

FUENTE: (CHAVEZ, 2015) - Tesis de Maestría

2.4. Características de los materiales

2.4.2. Cemento Portland Tipo I

El cemento es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtiene a partir de la fusión parcial y combinación en proporciones convenientes de materias primas que sean ricas de cal, sílice y alúmina. Estos materiales se encuentran, en su estado natural, bajo la forma de calizas y arcillas que se explotan de canteras.

2.4.3. Agregado Fino

Material, proveniente de la desintegración natural (arena natural) o artificial (manufacturada) de las rocas, que pasa al Tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (74µm), como se indica en la Norma Técnica Peruana 400.011. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma Técnica NTP 400.037, en concordancia con la Norma ASTM C-33, que recomiendan que la granulometría se encuentre dentro de los límites que se indican en la tabla de límites granulométricos correspondiente.

2.4.3.1. Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C – 29)

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

El peso unitario puede expresarse en dos condiciones:

- **Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f * W_s$$

donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

W_s = Peso de la muestra suelta (kg)

- **Peso Unitario Compactado:**

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$PUC = f * W_s$$

donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

W_c = Peso de la muestra compactada (kg)

2.4.3.2. Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM C-128)

El peso específico, gravedad específica o densidad real es la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 g/cm³; las arenas húmedas con igual volumen aparente, pesan menos que las secas debido a que recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre un mínimo de 26% para las arenas de granos uniformes y hasta de 55% para las de granos finos (BENITES ESPINOZA, 2011).

- **Peso específico:** Puesto que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros es necesario definir con mucho cuidado el significado del término peso específico. Existen varios tipos de peso específico.

- **Peso específico de masa seca:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

donde:

$$\text{Peso específico de masa} = A / (V - W)$$

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

• **Peso específico de masa saturado superficialmente seco:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$P.E.M.S.S.S = \frac{500}{(V - W)}$$

donde:

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

• **Peso específico aparente:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

donde:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Porcentaje de absorción:

Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturado superficialmente seco en relación al peso de la muestra seca y es expresado en porcentaje. Tiene importancia pues se

refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(500 - A)}{A} * 100$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

2.4.3.3. Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)

Diferencia entre el peso del agregado fino natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C por un periodo de 24 horas, multiplicado por 100. Físicamente es la cantidad de agua que contiene el agregado fino.

$$H = \frac{A - B}{B} * 100$$

donde:

H = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

2.4.3.4. Granulometría del agregado Fino: (NTP 400.012)

Ésta se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de granos de arena del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 de la serie Tyler; correspondiendo a la fracción que pasa la N° 200 la que tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, por afectar a la resistencia. La granulometría deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas entre la N° 4 y la 100 de la serie Tyler; y, no debiéndose retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, especialmente de la granulometría y otras características de la arena;

y, como no se puede modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal, entonces, se dirige al control de su homogeneidad (ARI, 2002). El ensayo de granulometría del agregado fino se efectuará bajo la Norma Técnica NTP 400.012.

Los límites de distribución granulométrica según la Norma Técnica NTP 400.037 y la Norma ASTM C – 33, se muestra en la tabla siguiente:

TABLA N°07: Límites granulométricos según normas NTP 400.037

Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 – in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	5 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma NTP-2014

2.4.3.5. Módulo de finura: (Norma NTP. 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Según la Norma Técnica NTP.400.011 se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la interpretación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena *trabajabilidad* y reduce segregación y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia; además, la norma

establece que la arena debe tener un Módulo de Finura no menor de 2.35 ni mayor que 3.15 (Ari, 2002). Según la Norma Técnica NTP 400.011, se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media y más de 3.0 una arena gruesa. De acuerdo a la ASOCEM, en la apreciación del módulo de finura, se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena *trabajabilidad* y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (BENITES ESPINOZA, 2011) .

2.4.3.6. Superficie específica

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado fino por unidad de peso; en su determinación se consideran dos supuestos: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

$$Se = \frac{0.06}{p} \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i}$$

donde:

Se	=	Superficie específica (cm ² / g)
Pi	=	Porcentaje retenido en el tamiz i
di	=	Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)
P	=	Peso específico del agregado

2.4.3.7. Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018)

Material constituido por arcilla y limo que se presenta recubriendo el agregado grueso o en forma de partículas sueltas mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla; en consecuencia, el ensayo

permite determinar, en porcentaje, la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado pétreo.

La ASTM C-117 establece límites para las sustancias perjudiciales; así, por ejemplo, con relación al material más fino que pasa la malla N° 200 indica que éste tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia; por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua/cemento y/o optimizando la granulometría (BENITES ESPINOZA, 2011).

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

donde:

A = % que pasa el tamiz N.º 200

P1 = Peso de la muestra (g)

P2 = Peso de la muestra lavada y secada (g)

2.4.4. Agregado Grueso

El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y proviene de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la N.T.P. 400.037. El agregado grueso se puede clasificar en piedra chancada o triturada (agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas, canto rodado o gravas) y grava (proviene de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándose en canteras y

lechos de ríos, depositados en forma natural). Para obtener la piedra chancada, las gravas naturales deben estar limpias y libre de polvo superficial y debe cumplir con los requisitos especificados en la Norma ASTM C33, excepto en cuanto a la granulometría.

Deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia, se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia.
- Hasta para la resistencia de 250kg/cm² se debe usar el mayor tamaño posible del agregado grueso; para resistencias mayores investigaciones recientes han demostrado que el menor consumo de concreto para mayor resistencia dada (eficiencia), se obtiene con agregados de menor tamaño.

2.4.4.1. Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C-29)

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc. Los valores para agregados normales varían entre 1500 y 1700 kg/m³. Este valor es requerido cuando se dosifica el concreto por volumen y más aún si se está trabajando con agregados ligeros o pesados en el extremo.

Se determinan dos (2) pesos aparentes o unitarios: Peso Unitario Compactado o varillado (PUC) y el Peso Unitario Suelto (PUS).

TABLA N°08: Tamaño máximo del agregado grueso

Tamaño máximo del agregado		Capacidad	
pulg	mm	pie ³	dm ³
½	12,5	1/10	3
1	25,4	1/3	10
1 ½	38,1	½	15
2	50,8	1	30

Fuente: Norma NTP 400.017

- **Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f * Ws$$

donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Ws = Peso de la muestra suelta (kg)

- **Peso Unitario Compactado:**

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$PUC = f * Ws$$

donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Wc = Peso de la muestra compactada (kg)

2.4.4.2. **Peso específico y absorción:** (NTP 400.021)

Es la relación a una temperatura estable de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas. El peso específico de los agregados queda definido como, la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Su valor se toma en cuenta para realizar la dosificación de la mezcla, así como para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

- **Peso específico:** Puesto que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros será necesario definir con mucho cuidado el significado del término peso específico, existen varios tipos de peso específico.
- **Peso específico de masa seca:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

donde:

$$\text{Peso específico de masa} = A / (B - C)$$

- A = Peso de la muestra seca (g)
- B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)
- C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$P.E.M.S.S.S = \frac{B}{(B - C)}$$

donde:

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

• **Peso específico aparente:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(A-C)}$$

donde:

A = Peso de la muestra seca (g)

C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

• **Porcentaje de absorción:**

Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturado superficialmente seco en relación al peso de la muestra seca y es expresado en porcentaje. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

donde:

A = Peso de la muestra seca (g)

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

2.4.4.3. Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)

Diferencia entre el peso del agregado natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C por un periodo de 24 horas, multiplicado por 100. Físicamente es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. De acuerdo a su valor (en %) variará la cantidad de agua en la preparación del concreto.

$$H = \frac{(A - B)}{B} * 100$$

donde:

H = Contenido de humedad (%)
 A = Peso de la muestra húmeda (g)
 B = Peso de la muestra seca (g)

2.4.4.4. Granulometría del agregado grueso: (NTP 400.012), (ASTM C-136)

Se refiere a la distribución de las partículas. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de agregado grueso del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Los tamices a utilizar tienen mallas con aberturas cuadradas: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y la N° 4.

La Norma Técnica NTP 400.037 en concordancia con la Norma ASTM C-33, establece que la granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla 1/4". El ensayo de granulometría de acuerdo con la Norma Técnica NTP 400.012, concordante con la Norma ASTM C-136, señala que el peso de la muestra debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas, según se establece en la Tabla de cantidad mínima de la muestra del agregado grueso o global (BENITES ESPINOZA, 2011).

TABLA N°09: Cantidad mínima de la muestra del agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas cuadradas mm(pulg)	Cantidad de la muestra de Ensayo Mínimo kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.9 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)

37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: (BENITES ESPINOZA, 2011). Tesis para optar el Título de Ing. Civil.
Universidad Ricardo Palma)

- **Tamaño Máximo**

El tamaño máximo se toma en cuenta para seleccionar el tamaño del agregado según las condiciones de geometría del encofrado y el diámetro del refuerzo de acero y la separación de varillas; y, corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

- **Tamaño Nominal Máximo del agregado**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido. Así si $TM = 1"$ entonces el $TMN = 3/4"$. En el presente trabajo de investigación se empleará un tamaño máximo **$TM = 3/4"$** entonces el tamaño nominal máximo será **$TMN = 1/2"$**

2.4.4.5. Módulo de finura: (NTP 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de agregado grueso; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividido entre 100.

2.4.4.6. Superficie específica

Suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado grueso por unidad de peso; en su determinación se consideran dos supuestos: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas. Se expresa en cm²/gr.

$$Se = \frac{0.06}{p} \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i}$$

donde:

Se	=	Superficie específica (cm ² / g)
Pi	=	Porcentaje retenido en el tamiz i
di	=	Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)
P	=	Peso específico del agregado

2.4.4.7. Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018)

Puede estar presente en el agregado en forma de recubrimiento superficial que interfiere en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, afectando la resistencia y la durabilidad del concreto. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se le limita a 1 %.

La norma ASTM C117 prescribe tamizar el material húmedo en un tamiz N° 200. En el tamizado en húmedo el agregado se coloca en agua y se agita de modo vigoroso para que los finos se desprendan y queden en suspensión. Por medio de la decantación y el tamizado se puede eliminar todo el material cuyo tamaño sea menor que el del tamiz de muestreo N° 200.

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

donde:

A = % que pasa el tamiz N.º 200

P₁ = Peso de la muestra (g)

P₂ = Peso de la muestra lavada y secada (g)

2.4.5. Agregado Global

Viene a ser el material compuesto de la mezcla en proporciones determinadas del agregado grueso y agregado fino, que cumplan las especificaciones técnicas (ARI QUEQUE, 2002).

2.4.5.1. Granulometría

En cuanto a la granulometría, es la gradación total del agregado participante en la mezcla lo más importante porque es de lo más común que al evaluarse esta propiedad individualmente en la piedra y la arena no entren en los Husos granulométricos propuestos por las Normas ASTM C-33, y sin embargo mezclándolos en proporciones adecuadas suministren una distribución de partículas que entre en el Huso requerido. La misma norma ASTM C-33 admite esto, pues indica que se podrán emplear agregados que no cumplan los requisitos, si se demuestra que con ellos se obtienen concretos que satisfacen las especificaciones técnicas del proyecto que se trate (ARI QUEQUE, 2002)

ARI, QUEQUE (2002) indica que para evaluar las granulometrías totales se hace uso de las curvas teóricas y Husos totales, probando proporciones de mezcla de agregados que se acerquen lo más posible a ellas. Nos sugiere remitirnos a los Husos DIM 1045 para el agregado global. En dicho Huso en el área comprendida entre el Huso “A” y “B” nos proporciona un concreto de mejor trabajabilidad; cuando está entre el Huso “B” y “C” se obtendría un concreto de trabajabilidad aceptable (ARI QUEQUE, 2002)

TABLA N° 10: Huso DIM 1045 – Agregado Global

Tamiz	Abertura (mm)	Agregado Global		
		A	B	C
11/2"	32.0	100	100	100
3/4"	16.0	62.0	80.0	89.0
1/2"	8.0	38.0	62.0	77.0
N° 4	4.0	23.0	47.0	65.0
N° 8	2.0	14.0	37.0	53.0
N° 16	1.0	8.0	28.0	42.0
N° 50	0.25	2.0	8.0	15.0

Fuente (ARI QUEQUE, 2002)

2.4.5.2. Peso Unitario Compactado del Agregado Global

Para la determinación de la óptima relación entre el agregado fino y agregado grueso uno de los métodos a usar constituye el método de la “compacidad”, que consiste en la mezcla de diferentes proporciones de los agregados, buscándose el mejor acomodo de las partículas. Esta combinación, de máxima densidad, generará un volumen mínimo de vacíos, necesitando menos cantidad de pasta de cemento cuando los agregados formen parte de la mezcla de concreto.

Para determinar la máxima compacidad o el mejor acomodo de los agregados en la mezcla de concreto, se determina el máximo peso unitario compactado del agregado global; para cuyo caso, según refiere ARI QUEQUE (2002), se prueban diferentes mezclas en peso de agregado fino y agregado grueso, por ejemplo en el caso específico señalado de ARI QUEQUE (2002), la proporción ideal se encontró probando en los siguientes porcentajes:

TABLA N°11: Porcentajes de agregados fino y grueso para agregado global sugerido

%	%	%	%	%	%	%	%	%
Arena	44	46	48	50	52	54	58	62
%	%	%	%	%	%	%	%	%
Piedra	56	54	52	50	48	46	42	38

Fuente: (ARI QUEQUE, 2002)

Para los porcentajes mencionados. Finalmente se grafica el Peso Unitario Compactado del Agregado Global a partir del % de arena interviniente (% Arena interviniente en el Agregado Global vs PUC). Para los agregados trabajados en la investigación de ARI QUEQUE (YAGUAL VERA, DIANA GABRIELA. VILLACÍS APOLINARIO, DANIEL WILFRIDO., 2015) (2002), se observa que para el 52% de arena y 48% de piedra se obtiene el mayor Peso Unitario Compactado de la combinación de agregados; resultados que, solo como ejemplo, se muestran a continuación:

TABLA N°12: Peso unitario compactado de agregado global según % de arena

% Arena interviniente en agregado global	Peso Unitario compactado (kg/m ³)
44	2027.06
46	2048.25
48	2069.44
50	2102.40
52	2118.88
54	2100.05
58	2069.44
62	2047.07

Fuente: (ARI QUEQUE, 2002)

2.4.6. Poliestireno Expandido

Es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción.

Las aplicaciones del poliestireno expandido (EPS) en la construcción, se da como material de aligeramiento o como aislante térmico en edificación y en obra civil; también en fachadas, cubiertas, molduras, suelo, etc. En Europa, los productos aislantes térmicos están regulados por el Reglamento de Productos de la Construcción, en el cual la norma EN 13163 es la que regula la medición de sus propiedades para el mercado CE del producto. Los valores de conductividad térmica oscilan entre 0,041 y 0,029 W/mK, dependiendo del tipo de producto y del fabricante.

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlitas que contienen un agente expansor (habitualmente pentano). Después de una preexpansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y estas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen.

En construcción, lo usual es comercializarlo en planchas de distintos grosores y densidades. También es habitual el uso de bovedillas de poliestireno expandido para la realización de forjados con mayor grado de aislamiento térmico.

El EPS es un polímero termoplástico espumado con estructura celular cerrada. Es biológicamente inerte y no tóxico. El EPS posee interesantes propiedades tales como su baja densidad, aislamiento térmico, comportamiento hidrofóbico, y resistencia química a ácidos y álcalis. El EPS se puede encontrar en perlas, granulado en forma de pequeñas partículas. Las perlas de EPS se pueden considerar como un tipo de árido artificial de naturaleza polimérica, no absorbente y ultraligero (densidad menor de 300 kg/m³) (4, 5). Estos áridos permiten la fabricación de materiales de construcción ligeros. (V. FERRÁNDIZ-MAS, E. GARCÍA-ALCOCEL, 2012)

2.4.6.1. Propiedades y características del poliestireno expandido

El poliestireno presenta características de porosidad, dureza, densidad, forma, color, rugosidad superficial, tamaños comerciales y absorción. Por otro lado, el poliestireno presenta propiedades de resistencia mecánica, aislamiento acústico y térmico. (PAULINO FIERRO & ESPINO ALMEYDA, 2017).

Cabe resaltar que en la presente investigación no se tomó en consideración la resistencia mecánica de la perlita de poliestireno, puesto que carece de dicha resistencia; puesto que es un material que se adiciona a la mezcla a fin de generar grandes vacíos.

2.4.6.2. Ventajas y desventajas

(PAULINO FIERRO & ESPINO ALMEYDA, 2017) Refieren que las ventajas teóricas que brinda el concreto liviano con poliestireno están relacionadas al medio ambiente, así como la impermeabilidad, comportamiento al fuego, trabajabilidad, durabilidad y características térmicas y acústicas del mismo. Sin embargo, este también presenta ciertas desventajas en cuanto al costo, contracción por secado y deformaciones.

TABLA N° 12A: Ventajas del concreto liviano con poliestireno

Medio Ambiente	Material inerte, inocuo, durable, 100% reciclable, no daña la capa de Ozono, autoextinguible y compatible con el medio ambiente.
Impermeabilidad	No absorbe ni acumula agua, no altera su conductividad térmica, mantiene su capacidad de aislación térmica en el tiempo.
Comportamiento al fuego	Auto extingible (no propaga llama): contiene agente ignífugo – Carga combustible despreciable.
Térmica	Alta resistencia térmica por su bajo coeficiente de conductividad térmica.
Acústica	Buen absorbente más al ruido de impacto
Trabajabilidad	No requiere protección especial para su manipulación

Fuente: BASF 2015

TABLA N° 12B: Desventajas del concreto liviano con poliestireno

Deformaciones	Debido a que el módulo de elasticidad es bajo se pueden producir mayores deformaciones a las de un concreto convencional
Relación Agua/Cemento	No se puede determinar el grado de incidencia en la relación agua/cemento debido a su gran absorción.
Contracción por secado	Es mayor a la del concreto convencional y por lo tanto debe tenerse en consideración en el dimensionamiento de los elementos constructivos.

Falta de experiencia	La falta de experiencia en el uso del concreto liviano genera inconvenientes en su uso y elaboración.
----------------------	---

Fuente: Valdez, Suarez y Proaño 2013

2.4.7. Agua

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

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones principales: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

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

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 p.p.m. ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con agua pura.

Los carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre 1000 p.p.m., por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas

de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementarse las reacciones álcali-sílice en los agregados.

TABLA N°13: Límite permisible del agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO_3)	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ión SO_4)	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ión Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: NTP 339.088

Los carbonatos de Calcio y Magnesio no son muy solubles en el agua y en concentraciones hasta de 400 p.p.m. no tienen efectos perceptibles en el concreto.

El Sulfato de Magnesio y el Cloruro de Magnesio en contenidos hasta de 25000 p.p.m. no han ocasionado efectos negativos en investigaciones llevadas a cabo en USA, pero sales de Zinc, Cobre y Plomo como las que pueden tener las aguas contaminadas con relaves mineros, en cantidades superiores a 500 p.p.m. tienen efectos muy negativos tanto en el fraguado como en las resistencias. La materia orgánica por encima de las 1000 p.p.m. reduce resistencia e incorpora aire.

2.4.8. Aditivos

Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Los aditivos a ser empleados en las mezclas de concreto deberán cumplir con las exigencias de la norma NTP 334.089.

Los aditivos reductores de agua; retardadores; acelerantes; deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.088; o de la ASTM C 1017. (RIVVA LÓPEZ, 2013)

- Reductores de agua: Aditivo usado con el propósito de disminuir el contenido de agua en el concreto para obtener mayor resistencia y a su vez obtener asentamientos más altos con una misma cantidad de agua en caso de tener un concreto bombeado. Además, permite tener una mayor trabajabilidad en vaciados de losas

A continuación, se muestra las características que posee el aditivo que se empleó en el presente proyecto:

2.4.8.1. Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos.

Aplicaciones principales:

- Concreto auto compactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

Características y Beneficios:

- Produce concretos fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido

2.5. Diseños de mezcla de concreto

Proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso) y aditivos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicado en los requerimientos del proyecto y especificaciones técnicas.

El diseño de mezclas incluye, entre otras, la determinación del peso unitario (densidad), rendimiento de materiales y contenido de aire. Se basa en ciertos criterios en los que intervienen la relación arena / piedra y las relaciones agua/cemento; siendo necesario contar con información de las propiedades de los agregados fino y gruesos siguientes: granulometría, peso específico, contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, módulo de finura, tamaño nominal máximo (del agregado grueso).

(NIÑO HERNANDEZ, 2010), señala que, el conocimiento de las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido tiene como finalidad primordial la de determinar el diseño de la mezcla. Una mezcla debe diseñarse tanto para estado fresco como estado endurecido. Las principales exigencias que se debe cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad y economía y para concreto endurecido son las de resistencia, durabilidad y en algunos casos el peso volumétrico.

Para proporcionar los ingredientes en una mezcla de concreto se debe seguir un procedimiento, para lo cual se han sugerido muchos métodos dentro de los cuales se encuentran los analíticos, experimentales, semi analíticos y empíricos.

El método empleado para el diseño de las mezclas de concreto para el presente proyecto es el *método americano ACI (American Concrete Institute)* – **Volúmenes absolutos**, el que se fundamenta en el principio básico de la

relación agua / cemento desarrollado por Abraham, que consiste en seguir una serie de pasos para determinar la cantidad de cada material en peso y volumen, para 1m³ de concreto.

Según el método ACI, el proporcionamiento de los agregados se hace teniendo en cuenta que éstos cumplen las especificaciones granulométricas, tamaño máximo y calidad de los agregados finos y gruesos, excepto los agregados livianos y pesados, y otros requisitos de la Norma ASTM C – 33.

Los criterios de dosificación de mezclas de concreto incluyen los siguientes pasos:

- Elección del asentamiento.
- Elegir el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Estimar el contenido de aire.
- Estimar la cantidad de agua de mezclado
- Estimar la cantidad de agua / cemento (a/c)
- Calcular la cantidad de cemento
- Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas.
- Estimación del contenido de grava.
- Estimar el contenido de agregado fino.
- Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado.
- Ajustar las mezclas de prueba.

En el presente trabajo de investigación, para el caso de la mezcla experimental en la que se le sustituirá la piedra chancada por perlas de poliestireno se prestó especial atención al diseño, ya que se esperaba la necesidad de añadirle algún aditivo para garantizar la cohesión entre el EPS y la pasta de concreto, de lo contrario se podría presentar la segregación.

Procedimiento de mezclado

El proceso de mezclado de los diseños de mezcla será el siguiente:

- Se humedecerá la mezcladora, de capacidad de 40 litros.
- El agua de mezclado se dividirá en dos partes: la primera parte, en un litro y la segunda parte, el agua restante que será añadida al inicio de la mezcla.
- Luego, se incorporará la piedra y en seguida se le dará un número de cinco revoluciones a la mezcladora.
- Seguidamente se añadirá la arena con el cemento, tapando la boca de la mezcladora para evitar pérdida de material, se dejará mezclando los materiales durante un minuto.
- Después del periodo de mezcla de los materiales, se observará la condición de la mezcla resultante, como ésta se encuentra en una condición seca y se le irá añadiendo el agua restante del litro de agua separada inicialmente, incorporándola poco a poco durante el periodo de mezclado.
- El periodo de mezclado comprenderá 5 minutos para todos los diseños de mezcla.

2.6. Ensayos al concreto fresco

2.6.1. Asentamiento: (NTP 339.035), (ASTM C – 143)

La consistencia del concreto fresco es la capacidad de la masa de concreto para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por la variación del contenido de agua en la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. El ensayo para medir la consistencia del concreto se denomina ensayo slump y consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado (ARI, 2002).

2.7. Ensayos al concreto endurecido

2.7.1. Resistencia a la compresión: (NTP 339.034)

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia a la compresión es una de las más importantes propiedades, del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Objeto: La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm².

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

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

donde:

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos
Por centímetro cuadrado.

G = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

d = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Materiales

El agregado fino fue se adquirió de las canteras del Río Cumbaza, ubicado en el Sector de 3 de octubre. El agregado grueso fue adquirido de las canteras del Río Huallaga, ubicado en el distrito de Alberto Leveau.

Las perlas de poliestireno fueron obtenidas por donación de la empresa Ecopor situada en la carretera Santa Clara, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto liviano con agregados artificiales - objetivo propuesto-, se realizaron pruebas de diseño en el Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú-Filial Tarapoto, según las Normas Técnicas vigentes, para cada caso.

3.2. Variables

3.2.1. Identificación de variables

- **Variable X:**

Propiedades físicas y mecánicas del concreto sustituyendo parcialmente el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido.

- **Variable Y:**

Propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial del agregado grueso.

3.2.2. Operacionalización de variables

TABLA N°14: Operacionalización de variables

Variables	Indicadores
X: Propiedades físicas y mecánicas del concreto sustituyendo parcialmente el agregado grueso por perlas de poliestireno expandido. Y: Propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial del agregado grueso.	Módulo de fineza de los agregados. Propiedades físicas de los agregados. Valores de propiedades físicas y mecánicas

Fuente: Elaboración propia (2019)

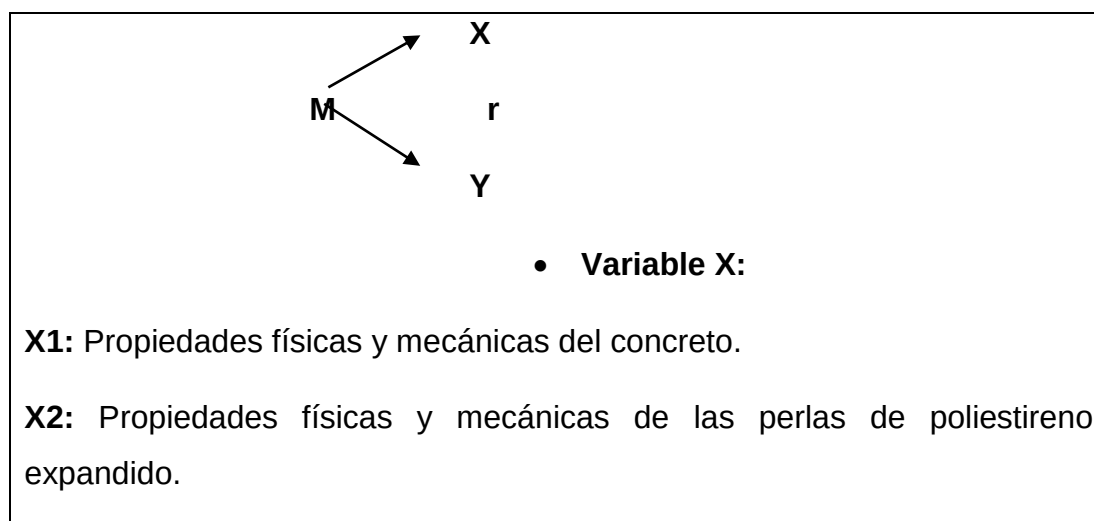
3.3. Aspecto metodológico

3.3.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo **Experimental**, se manipuló la variable X para determinar efectos en la variable Y; no obstante, haberse descrito inicialmente las características de ambas variables.

3.3.2. Diseño de la Investigación

TABLA N° 15: Diseño de la Investigación Experimental



- **Variable Y:**

Y1: Propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso de las canteras del ámbito del distrito de Alberto Leveau – San Martín.

Y2: Propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial del agregado grueso.

M=24 probetas de concreto elaborados con la fracción de agregado grueso resultante de la sustitución parcial del 30% por perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo de $\varnothing=1/8"$.

3.4. Población y muestra

Población. La población estuvo conformada por 24 probetas de concreto elaborado con la fracción de agregado grueso resultante de la sustitución parcial del 30% por perlas de poliestireno expandido de tamaño máximo de $\varnothing=1/8"$, las cuales fueron puestas a prueba a los 7, 14 y 28 días.

Muestra. Como la población es pequeña, se eligió una muestra no probabilística, de tal manera que la población también representó a la muestra ($N=n$).

3.5. Hipótesis

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto, elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial de hasta el 30% del agregado grueso de las canteras del distrito de Alberto Leveau, provincia y departamento de San Martín, están en el rango establecido en la norma para su uso como concreto liviano no estructural.

3.6. Técnicas, instrumentos, procedimientos de recolección de datos y procesamiento de la información.

3.6.1. Técnicas

La técnica que se empleó en la recolección de los datos fue la observación, tanto para la toma de muestras y la lectura de los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.6.2. Instrumentos

Se utilizó como instrumento una guía de Observación (Fichas del laboratorio de suelos y ensayo de materiales -UCP).

3.6.3. Procedimientos de recolección de datos

- ✓ Elaboarción del instrumento (*).
- ✓ Determinación del tamaño de la muestra $n=N$.
- ✓ Elección de la técnica de muestreo (muestro no probabilístico).
- ✓ Recolección de los datos.

*Se tomó como referencia las variables: agregado grueso y perlas de poliestireno y sus indicadores.

3.6.4. Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información se realizó de forma mecánica/computarizada.

Para el análisis e interpretación de los datos se empleó la estadística descriptiva conformada por promedios y porcentajes. Se usó software del Paquete EXCEL.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Características de los materiales

4.1.1. Agregado Fino

Se realizó los ensayos básicos del agregado fino con el fin de efectuar los diseños de mezcla. El agregado fino corresponde a las canteras del río “Cumbaza” ubicada en el sector 03 de Octubre, provincia y región San Martín.

4.1.1.1. Peso unitario suelto (PUS)

El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°16: Peso unitario suelto del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO
ASTM C - 29

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector 03 de Octubre
Fecha ensayo : 16/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	23510	23000	23365
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	17625	17115	17480
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO (gr/cm ³)	1.257	1.221	1.247
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,242		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	53.13		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del Peso unitario suelto del agregado fino es 1242 kg/m³.

4.1.1.2. **Peso unitario compactado (PUC)**

Se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. A continuación, se presentan los resultados:

TABLA N°17: Peso unitario compactado del agregado fino

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO
ASTM C - 29**

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector 03 de
Octubre
Fecha ensayo : 16/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	24905	25320	25325
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	19020	19435	19440
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.357	1.386	1.387
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,377		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	48.04		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del Peso unitario compactado del agregado fino es 1377 kg/m3.

4.1.1.3. **Peso específico y absorción**

Se realizaron conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.022., respectivamente. En la siguiente tabla se presentan los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°18: Peso específico y absorción del agregado fino

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
ASTM C - 128**

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector 03 de
: Octubre
Fecha ensayo : 16/05/2019

Agregado Fino

N° DE ENSAYOS		1	2	3	PROMEDIO
	Peso de Mat. Seco en Estufa + Frasco	668.50	667.93	667.93	
	Peso de Frasco	168.94	168.94	168.94	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	500.00	500.00	500.00	
B	Peso Frasco + H2O	666.31	666.26	666.19	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	1166.31	1166.26	1166.19	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco	977.52	977.43	977.28	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)	188.79	188.83	188.91	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	499.56	498.99	498.99	
G	Vol. Masa = (E-A+F)	188.35	187.82	187.90	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)		2.646	2.643	2.641	2.64
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)		2.648	2.648	2.647	2.65
Peso Específico Aparente = (F/G)		2.652	2.657	2.656	2.65
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.09	0.20	0.20	0.16

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El Peso específico del agregado fino es 2.64 gr/cm³ y el Porcentaje de absorción del agregado fino es 0.16%.

4.1.1.4. Análisis granulométrico y módulo de fineza

Los ensayos se realizaron según las normas ASTM C-136 y NTP 400.012., respectivamente. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°19: Análisis granulométrico del agregado fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO FINO					
ASTM C - 136					
Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.000				
2 1/2"	63.300				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°04	4.760	0.00			100.00
N°08	2.380	3.34	0.67	0.67	99.33
N°16	1.190	11.53	2.31	2.97	97.03
N°30	0.590	56.07	11.21	14.19	85.81
N°50	0.297	235.43	47.09	61.27	38.73
N°100	0.149	163.35	32.67	93.94	6.06
N°200	0.074	25.23	5.05	98.99	1.01
Pasa N°200		5.05	1.01		

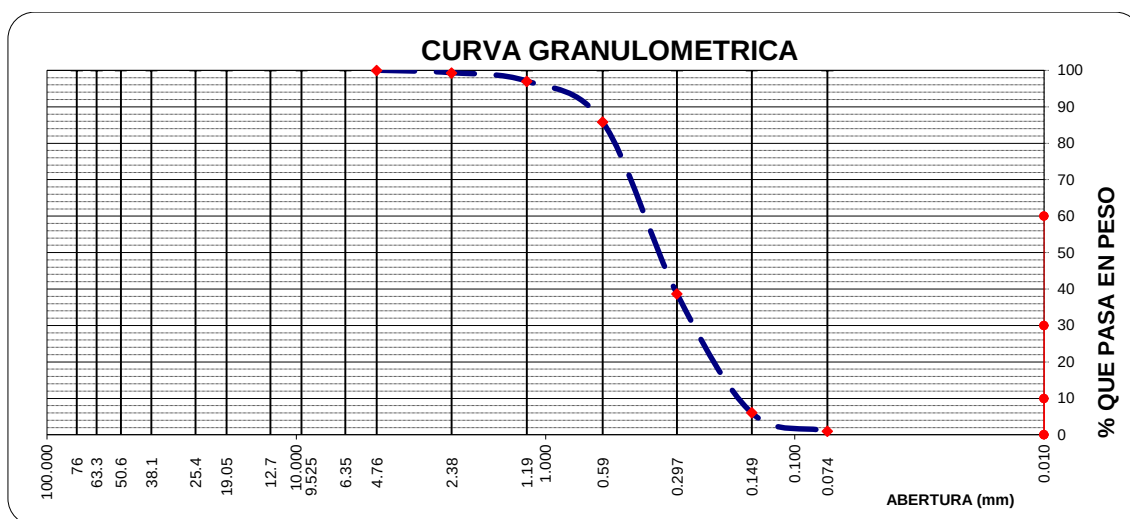
L. Líquido : N.P.
L. Plástico : N.P.
l. Plástico : N.P.
Clas. SUCS : SP
Clas. AASHTO : A-3 (0)

Peso de Muestra en Gr.
Muestra Seca : **500.00**
Muestra Lavada: **494.95**

MF : 1.73

Fuente: Elaboración propia (2019)

GRÁFICO N°01: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia (2019)

4.1.1.5. Material que pasa el tamiz N° 200

El ensayo de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se desarrolló según la norma ASTM C-117 y NTP 400.018. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°20: Material que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino.

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200

ASTM C - 117

AGREGADO FINO

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector 03 de
Octubre
Fecha ensayo : 17/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)	381.00	382.00	380.00
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)	369.00	365.00	365.00
PESO DE TARA (gr)	81.00	82.00	80.00
% QUE PASA LA MALLA N°200	4.00	5.67	5.00
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	4.89		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino es 4.89%

4.1.2. Agregado Grueso

Se realizó los ensayos básicos del agregado grueso con el fin de efectuar los diseños de mezcla. El agregado grueso corresponde a las canteras del río “Huallaga” ubicada en el distrito de Alberto Leveau, provincia y región San Martín.

4.1.2.1. Peso unitario suelto (PUS)

El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°21: Peso unitario suelto del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 29

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector Alberto
Leveau
Fecha ensayo : 16/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	24905	24570	24535
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	19020	18685	18650
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.357	1.333	1.330
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,340		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	52.14		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del Peso unitario suelto del agregado grueso es 1340 kg/m3.

4.1.2.2. Peso unitario compactado (PUC)

Se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En la tabla siguiente se presentan los resultados:

TABLA N°22: Peso unitario compactado del agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 29

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector Alberto
Leveau
Fecha ensayo : 16/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	26930	26625	26420
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	21045	20740	20535
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.501	1.479	1.465
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,482		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	47.07		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del Peso unitario compactado del agregado grueso es 1482 kg/m3.

4.1.2.3. Peso específico y absorción

Los ensayos se realizaron conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.022., respectivamente. Ver los resultados en la tabla siguiente:

TABLA N°23: Peso específico y absorción del agregado grueso

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C - 127

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector Alberto
Leveau
Fecha ensayo : 17/05/2019

Agregado Grueso

N° DE ENSAYOS	1	2	PROMEDIO
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco+mallá (en aire)	2668.00	2667.00	
B Peso Mat. Sat. Sup. Seco+mallá (en agua)	1874.00	1824.00	
C Peso de mallá (en aire)	668.00	668.00	
D Peso de mallá (en agua)	574.00	574.00	
E Peso de Mat. Seco en Estufa + mallá (aire)	2654.00	2650.00	
F Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	2000.00	1999.00	
G Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	1300.00	1250.00	

H	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (E-F)	700.00	749.00	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1986.00	1982.00	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	686.00	732.00	
	Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)	2.837	2.646	2.74
	Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)	2.857	2.669	2.76
	Peso Específico Aparente= (I/J)	2.895	2.708	2.80
	% de Absorción = ((F-I)/I)*100	0.70	0.86	0.78

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El Peso específico del agregado grueso es 2.74 gr/cm³ y el Porcentaje de absorción del agregado grueso es 0.78%.

4.1.2.4. Análisis granulométrico y módulo de fineza agregado grueso

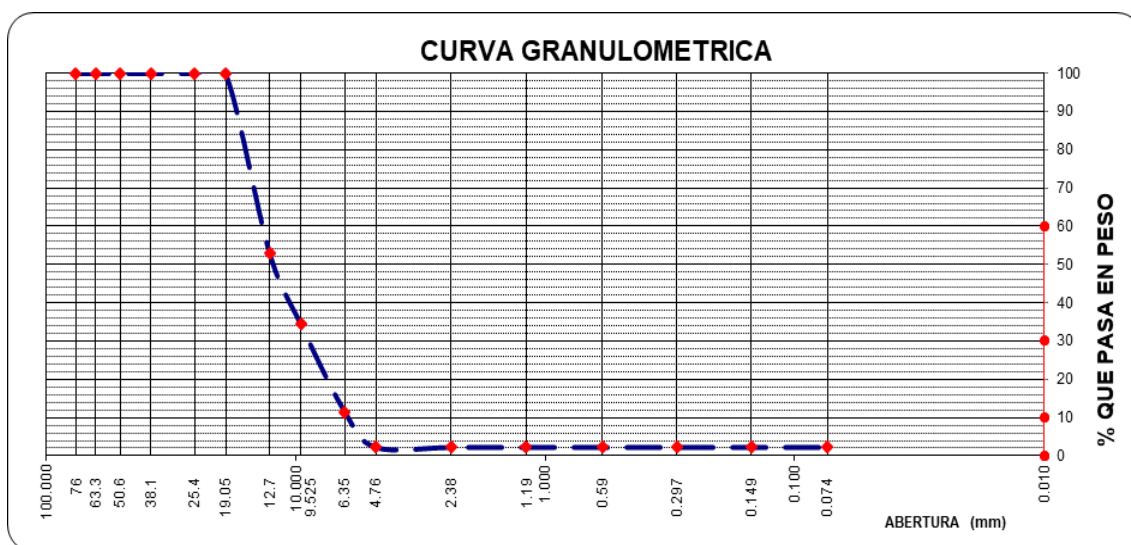
Se realizaron según la norma ASTM C-136, NTP 400.011 y NTP 400.012. Ver los resultados en la tabla siguiente:

TABLA N° 24: Análisis granulométrico del agregado grueso.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO GRUESO						
ASTM C - 136						
Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					L. Líquido : N.P.
2"	50.600					L. Plástico : N.P.
1 1/2"	38.100					l. Plástico : N.P.
1"	25.400				100.00	Clas. SUCS : GP
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
1/2"	12.700	938.76	46.94	46.94	53.06	
3/8"	9.525	372.34	18.62	65.56	34.45	Peso de Muestra en Gr.
1/4"	6.350	458.20	22.91	88.47	11.54	Muestra Seca : 2000.00
N°04	4.760	186.94	9.35	97.81	2.19	Muestra Lavada: 1956.24
N°08	2.380	0.00	0.00	97.81	2.19	
N°16	1.190	0.00	0.00	97.81	2.19	
N°30	0.590	0.00	0.00	97.81	2.19	
N°50	0.297	0.00	0.00	97.81	2.19	
N°100	0.149	0.00	0.00	97.81	2.19	
N°200	0.074	0.00	0.00	97.81	2.19	
Pasa N°200		43.76	2.19			

Fuente: Elaboración propia (2019)

GRÁFICO N°02: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia (2019)

4.1.2.5. Material fino que pasa el tamiz N° 200

La cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se desarrolló según la norma ASTM C-117. Ver la tabla siguiente:

Tabla N°25: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200

ASTM C - 117 AGREGADO GRUESO

DATOS DE CAMPO

Ubicación : Sector Alberto
Leveau
Fecha ensayo : 17/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)	1102.00	1100.00	1125.00
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)	1099.00	1098.00	1117.00
PESO DE TARA (gr)	102.00	100.00	125.00
% QUE PASA LA MALLA N°200	0.30	0.20	0.80
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	0.25		

Fuente: Elaboración propia (2019)

Resultado: El promedio del porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino es 0.25%

4.1.3. Perla de Poliestireno

Con el objeto de efectuar los diseños de mezcla, se tomó los datos básicos de los ensayos de la perla de poliestireno de la tesis de: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

GRÁFICO N°03: Imágenes panorámicas dentro de la empresa Ecopor



Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

4.1.3.1. Peso unitario suelto (PUS) de la perla de poliestireno

Se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En la tabla siguiente se presentan los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N°26: Peso unitario suelto de la perla de poliestireno.

PESO UNITARIO SUELTO DE LA PERLA DE POLIESTIRENO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
DESCRIPCION	M1	M2	M3
(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	6254	6251	6252
(B) PESO DE MOLDE (g)	6229	6229	6229
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	25	22	23
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	2114	2114	2114
(C/D) PESO UNITARIO (g/cm ³)	0.012	0.010	0.011
PROMEDIO PESO UNITARIO (kg/m ³)	11		

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

Resultado: El promedio del Peso unitario suelto de la perla de poliestireno es 11 kg/m³.

4.1.3.2. **Peso unitario compactado (PUC) de la perla de poliestireno**

Se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. Ver los resultados en la tabla siguiente:

TABLA N°27: Peso unitario compactado de la perla de poliestireno.

PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA PERLA DE POLIESTIRENO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
DESCRIPCION	M1	M2	M3
(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	6254	6251	6252
(B) PESO DE MOLDE (g)	6229	6229	6229
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	25	22	23
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	2114	2114	2114
(C/D) PESO UNITARIO (g/cm ³)	0.012	0.010	0.011
PROMEDIO PESO UNITARIO (kg/m ³)	11		

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

Resultado: El promedio del Peso unitario compactado de la perla de poliestireno es 11 kg/m³.

4.1.3.3. Peso específico y absorción de la perla de poliestireno

Los ensayos de peso específico y absorción se realizaron conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.022. Ver los resultados siguientes:

TABLA N°28: Peso específico y absorción de la perla de poliestireno

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LA PERLA DE POLIESTIRENO SEGÚN NORMA ASTM C - 128					
DESCRIPCION		M1	M2	M3	PROMEDIO
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	5.11	5.12	5.03	-
B	PESO FRASCO + H2O	922.81	922.91	922.81	-
C	PESO FRASCO + H2O + A = (A+B)	927.92	928.03	927.84	-
D	PESO MAT. + H2O EN EL FRASCO	632.11	623.00	626.87	-
E	VOL. MASA + VOL. DE VACIO = (C-D)	295.81	305.03	300.97	-
F	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	5.11	5.12	5.03	-
G	VOL. MASA = (E-A+F)	295.81	305.03	300.97	-
Peso Especifico de Masa (Base Seca) = (F/E)		0.017	0.017	0.017	0.017
Peso Especifico de Masa (S.S.S) = (A/E)		0.017	0.017	0.017	0.017
Peso Especifico Aparente = (F/G)		0.017	0.017	0.017	0.017
% de Absorcion = ((A-F)/F)*100		0.00	0.00	0.00	0.000

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

Resultado: El Peso específico y porcentaje de absorción de la perla de poliestireno es 0.017 gr/cm³ y 0.00%, respectivamente.

4.1.3.4. Análisis granulométrico de la perla de poliestireno

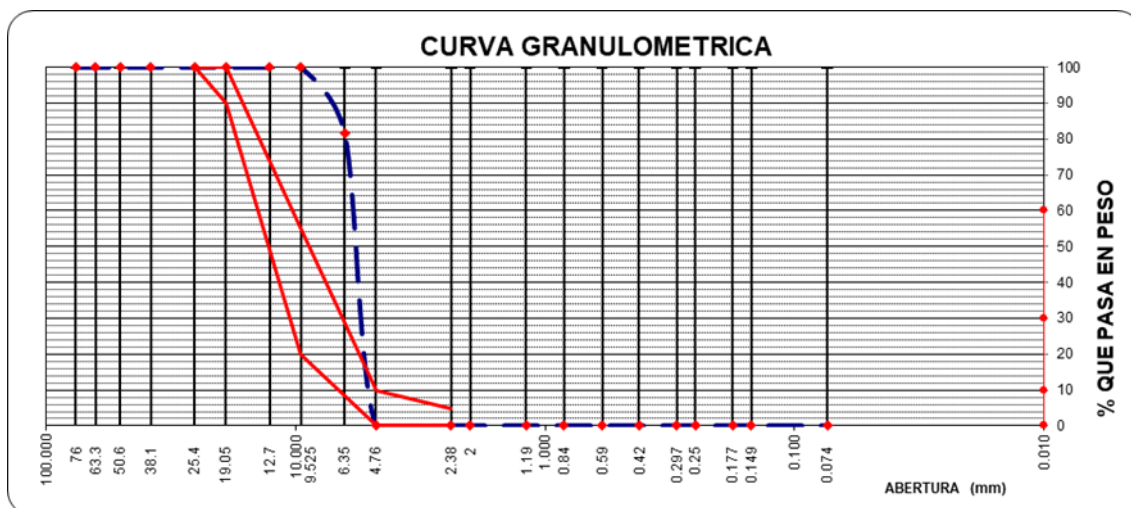
Ver resultados en la Tabla siguiente:

TABLA N°29: Análisis granulométrico de la muestra N° 01 de poliestireno.

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MUESTRA N° 01) SEGÚN NORMA ASTM C - 136					
Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	2.63	18.46	18.46	81.54
N°04	4.760	11.62	81.54	100.00	0.00
N°08	2.380	0.00	0.00	100.00	0.00

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

GRÁFICO N°04: Curva granulométrica muestra N°01 perla de poliestireno.



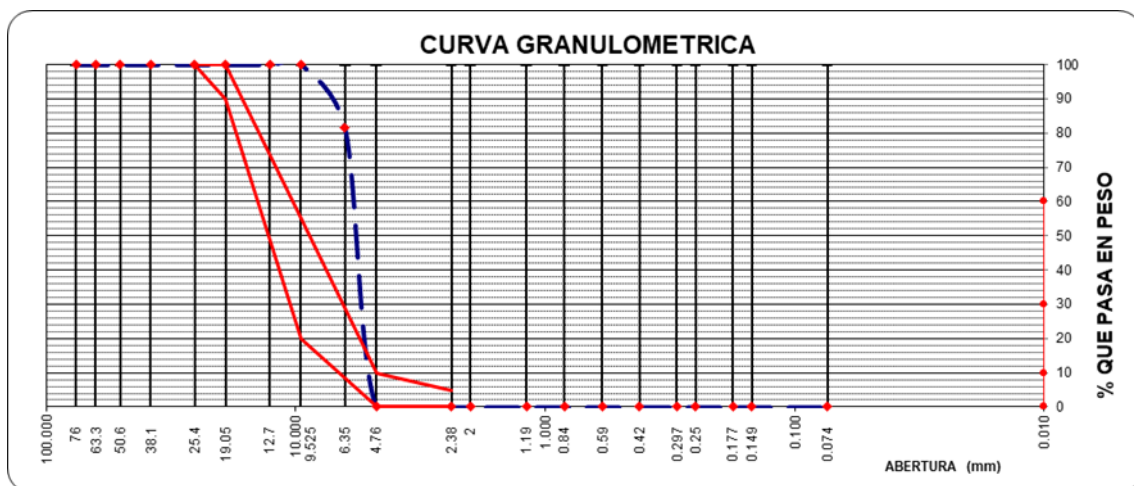
Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

TABLA N°30: Análisis granulométrico de la muestra N° 02 de poliestireno.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MUESTRA N° 02)					
SEGÚN NORMA ASTM C - 136					
Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	2.69	18.63	18.63	81.37
N°04	4.760	11.75	81.37	100.00	0.00
N°08	2.380	0.00	0.00	100.00	0.00

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

GRÁFICO N°05: Curva granulométrica muestra N° 02 perla de poliestireno.



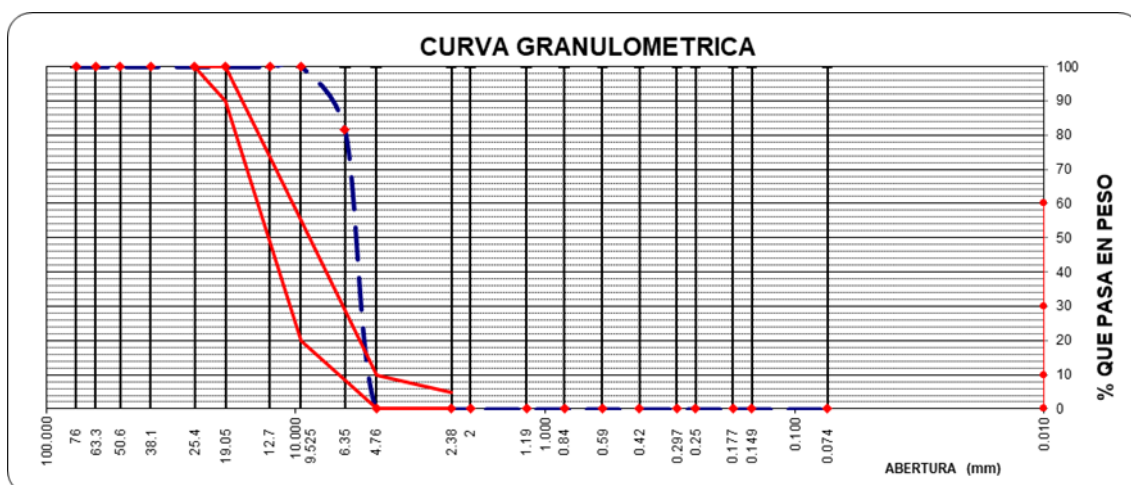
Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

TABLA N°31: Análisis granulométrico de la muestra N° 03 de poliestireno.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MUESTRA N° 03)					
SEGÚN NORMA ASTM C - 136					
Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	3.10	17.87	17.87	82.13
N°04	4.760	14.25	82.13	100.00	0.00
N°08	2.380	0.00	0.00	100.00	0.00

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

GRÁFICO N°06: Curva granulométrica muestra N° 03 perla de poliestireno.



Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

4.1.3.5. Módulo de fineza de la perla de poliestireno

Se realizó conforme las normas ASTM C-33 y NTP 400.011. Ver resultados en la siguiente Tabla.

TABLA N°32: Módulo de fineza de la perla de poliestireno.

MODULO DE FINEZA POR TAMIZADO SEGÚN NORMA ASTM C - 33						
Tamices ASTM	M1		M2		M3	
	%Retenido	%Ret.acum	%Retenido	%Ret.acum	%Retenido	%Ret.acum
N°04	81.54	100.00	81.37	100.00	82.13	100.00
N°08	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°16	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°30	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°50	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°100	-	100.00	-	100.00	-	100.00
TOTAL		6.00		6.00	-	6.00
MOD. FINEZA	6.00		6.00		6.00	
PROMEDIO	6.00					

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”

Resultado: El promedio del Módulo de fineza de la perla de poliestireno es 6.00.

4.1.3.6. Superficie específica de la perla de poliestireno

Se realizó conforme la norma NTP 400.012. Ver resultados en Tabla siguiente:

TABLA N°33: Superficie específica muestra N° 01 del poliestireno.

SUPERFICIE ESPECIFICA M1				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	Di (cm)	Pi (%)	Pi / di
N°3/8"	9.525	1.11	0	0
N°1/4"	6.350	0.7936	18.46	23.26
N°04	4.760	0.5550	81.54	146.93
N°08	2.380	0.3555	0.00	0.00
N°16	1.190	0.1770	0.00	0.00
N°30	0.590	0.0885	0.00	0.00
FONDO	0.074	0.0111	0.00	0.00
TOTAL				170.19

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

$$Se = \frac{0.06}{0.017} \times 170.19 = 603.36 \text{ cm}^2/\text{g}$$

TABLA N°34: Superficie específica muestra N° 02 del poliestireno.

SUPERFICIE ESPECIFICA M2				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	Di (cm)	Pi (%)	Pi / di
N°3/8"	9.525	1.11	0	0
N°1/4"	6.350	0.7936	18.63	23.48
N°04	4.760	0.5550	81.37	146.61
N°08	2.380	0.3555	0.00	0.00
N°16	1.190	0.1770	0.00	0.00
N°30	0.590	0.0885	0.00	0.00
FONDO	0.074	0.0111	0.00	0.00
TOTAL				170.09

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

$$Se = \frac{0.06}{0.017} \times 170.09 = 603.01 \text{ cm}^2/\text{g}$$

TABLA N°35: Superficie específica muestra N° 03 del poliestireno.

SUPERFICIE ESPECIFICA M3				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	Di (cm)	Pi (%)	Pi / di
N°3/8"	9.525	1.11	0	0
N°1/4"	6.350	0.7936	17.87	22.52
N°04	4.760	0.5550	82.13	147.98
N°08	2.380	0.3555	0.00	0.00
N°16	1.190	0.1770	0.00	0.00
N°30	0.590	0.0885	0.00	0.00
FONDO	0.074	0.0111	0.00	0.00
TOTAL				170.50

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

$$Se = \frac{0.06}{0.017} \times 170.50 = 604.47 \text{ cm}^2/\text{g}$$

4.1.3.7. Cantidad de Material de poliestireno que pasa el tamiz N° 200

Se desarrolló según la norma ASTM C-117 y NTP 400.018. Ver resultados en la siguiente Tabla:

TABLA N°36: Material que pasa por el tamiz N° 200 perla de poliestireno

MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 SEGÚN NORMA ASTM C - 117			
N° DE ENSAYOS	M1	M2	M3
(A) PESO DE MUESTRA + TARA (g)	203.28	207.56	204.47
(B) PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (g)	203.28	207.56	204.47
(C) PESO DE TARA (g)	158.13	164.34	162.74
(D=A-C) PESO DE MUESTRA (g)	45.15	43.22	41.73
(E=B-C) PESO DE MUESTRA LAVADA (g)	45.15	43.22	41.73
(F=D-E) PESO DEL MATERIAL FINO (g)	0.00	0.00	0.00
(FD*100%) % QUE PASA LA MALLA N°200	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	0.00		

Fuente: Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

Resultado: El promedio del porcentaje que pasa la malla N° 200 de la perla de poliestireno es 0.00%

4.2. Fase de diseño y prueba

4.2.1. Diseño de Mezclas

Para poder comparar sus propiedades físicas y mecánicas, se realizó un diseño de mezcla con relación agua/cemento 0.55, utilizando aditivo superplastificante (Neoplast 8500 HP) de la marca QSI. El diseño de mezcla cumple con la Categorización de los concretos livianos propuestas por el “Portland Cement Association” como se muestra en la Tabla N° 37. Se incluye el peso unitario, rendimiento y aire atrapado según norma ASTM C-138 y respectivas correcciones.

TABLA N°37: Categorización de los concretos livianos

CATEGORIZACIÓN DE LOS CONCRETOS LIVIANOS			
Diseño Meta	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia a la Compresión (Mpa)	Categoría
A	Menor a 1000	Menor a 5	Espuma de concreto
B	1000-1800	5 - 17	Concreto liviano no estructural
C	1800-2100	Mayor a 17	Concreto estructural de baja densidad

Fuente: Elaboración con conceptos de “Portland Cement Association”, obtenido de la Tesis: “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018”.

4.2.1.1. Concreto liviano no estructural

Se propuso un (1) ensayo de diseño de mezcla utilizando cemento, agregado fino, agregado grueso, perlas de poliestireno y aditivo.

TABLA N°38: Diseño concreto liviano no estructural – CL01.

TIPO:		CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL - CL01				
DISEÑO CONCRETO LIVIANO CON PERLAS DE POLIESTIRENO						
MATERIALES						
CEMENTO				ADITIVO 01		
PACASMAYO TIPO I Co				NEOPLAST 8500 HP		
Peso Específico	2.96	gr/cm3		Densidad	1.1	kg/L
Peso Unitario	1500	kg/m3		-	-	-
DATOS DE LABORATORIO						
DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO		PERLA DE POLIESTIRENO	
P. Especifico (gr/cm3)		2.64	2.74		0.017	
% De Absorción (%)		0.16	0.78		0.00	
P. Unitario Suelto (kg/m3)		1242	1340		11.00	
P. Unit. Compactado (kg/m3)		1377	1482		11.00	
Módulo de Fineza		1.73	6.66		6.00	
Tamaño Max. Nominal		---	1/2"		1/4"	
Humedad para Diseño (%)		0.25	0.91		0.00	
DATOS PARA DOSIFICACIÓN						
Estimación de Agua					192.8	lt/cm3

Relación Agua/Cemento Factor				0.55	
Cemento	192.8/0.55=350.5	/42.5	=	8.25	Bls/m3
Contenido de Aire Atrapado				25	
Proporción de Agregados	52% A. Fino	48% A. Grueso y P. Poliestireno			
Relación Aditivo/Cemento				0.006	
Cantidad de Aditivo	350.5 X 0.006	=		2.103	kg/m3
CÁLCULOS DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA					
Cemento	350.5/2960	=		0.118	m3
Agua (Agua- Volumen aditivos)	192.8/1000	=		0.191	m3
Aire		=		0.025	m3
Atrapado	2.5/100				
Aditivo	2.1/1100			0.002	
				<u>0.336</u>	m3
Volumen Absol. De Agregados	1.000 - 0.3362	=		0.664	m3
Volumen Absoluto de la arena	52%			0.345	
Volumen abs. De la piedra y perla	48%			0.319	
Volumen abs. De la piedra				0.223	
Volumen abs. De la Perla				0.096	
Peso del Agregado Fino	0.345 x 2640	=		911.2	kg
Peso del Agregado Grueso	0.223 x 2740	=		611.1	kg
Peso de Perla de Poliestireno	0.096 x 17	=		1.6	kg
VALORES DE DISEÑO					
Cemento		:		350.5	kg/m3
Agua		:		190.90	kg/m3
Agregado Fino		:		911.20	kg/m3
Agregado Grueso		:		611.1	kg/m3
Perla de Poliestireno		:		1.60	kg/m3
Aditivo		:		2.103	kg/m3
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
Peso Humedo A. Fino	911.25	x	1.0025	=	913.5 kg/m3
Peso Humedo A. Grueso	611.11	x	1.0091	=	616.7 kg/m3

Humedad Superf. Del A. Fino	0.25	-	0.16	=	0.09	%
Humedad Superf. Del A. Grueso	0.91	-	0.78	=	0.13	%
Aporte de Humedad A. Fino	911.25	x	0.0009	=	0.82	Lts
Aporte de Humedad A. Grueso	611.11	x	0.0013	=	0.79	Lts
					1.61	Lts
Agua Efectiva del Diseño	190.89	x	1.61	=	189.3	Lts
VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD						
Cemento				:	350.5	kg/m3
Agua				:	189.3	lts/m3
Agregado Fino				:	913.4	kg/m3
Agregado Grueso				:	616.7	kg/m3
Perla				:	1.6	kg/m3
Aditivo				:	2.103	kg/m3
PROPORCIÓN EN PESO (KG)						
Cemento	:	350.5/350.5	=	1.00		
Agregado Fino	:	913.5/350.5	=	2.61		
Agregado Grueso	:	616.7/350.5	=	1.76		
Agua	:	0.54X42.50	=	22.95		
Perla de Poliestireno	:		=	1.6		
DOSIFICACIÓN EN PESO						
	Perla	C	AF	AG	Agua	
	1.6	1	2.61	1.76	22.95	lts/m3
PROPORCIÓN EN VOLUMEN (P3)						
Peso Unitario Suelto Húmedo A. Fino				:	1245.11	kg/m3
Peso Unitario Suelto Húmedo A. Grueso				:	1352.19	kg/m3
Peso Unitario Suelto del Poliestireno				:	11.000	kg/m3
DOSIFICACIÓN DE VOLUMEN						
	Perla	C	AF	AG	Agua	
	1.6	1	3.12	1.94	22.95	lts/m3
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO						
Cemento				:	42.50	kg

Agregado Fino	:	110.9	kg
Agregado Grueso	:	74.80	kg
Agua Efectiva	:	23.00	lts
Perla de Poliestireno	:	196.84	gr
Aditivo	:	254.750	gr

Fuente: Elaboración propia (2019)

4.2.2. Ensayos al concreto fresco

Se realizaron conforme a la norma ASTM C-172. Se tomó la mezcla de una mezcladora de 210 L., y para evitar la segregación se tuvo cuidado al momento del descargue al recipiente. Los ensayos se realizaron dentro de los 5 minutos de haberse tomado la primera muestra.

4.2.2.1. Asentamiento

Se realizó conforme la norma ASTM C-143 y la NTP 339.035. En el gráfico se observan las mediciones efectuadas:

GRÁFICO N°07: Asentamiento del concreto liviano no estructural-CL01



Fuente: Elaboración propia (2019)

El resultado del asentamiento fue de 4 cm.

4.2.3. Ensayos al concreto endurecido

4.2.3.1. Resistencia a la compresión

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C-39 y la NTP 339.034 con la muestra de 8 testigos por cada edad de 7,14 y 28 días. En los siguientes cuadros se mostrarán los resultados de las roturas.

GRÁFICO N°08: Rotura de concreto liviano no estructural



Fuente: Elaboración propia (2019)

TABLA N°39: Cuadro de resistencia a la compresión CL-01

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL		
EDAD	RESISTENCIA	F'C
(días)	(Kg/cm ²)	%
7	145	69%
14	150	71%
28	173	82%

Fuente: Elaboración propia (2019)

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo IV obtuvimos los resultados de la investigación, los cuales se presentan en cuadros resúmenes y se interpretan a continuación:

5.1. Análisis de las características de los materiales

TABLA N°40: Cuadro resumen de las características de materiales

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PERLA DE POLIESTIRENO	CEMENTO PACASMAYO TIPO I	NEOPLAST 8500 HP
Peso Específico (gr/cm ³)	2.64	2.74	0.017	2.96	1.1
Porcentaje de Absorción (%)	0.16	0.78	0	-	-
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1242	1340	11	-	-
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1377	1482	11	-	-
Módulo de Fineza	1.73	6.66	6	-	-
Tamaño Máximo Nominal	-	1/2"	1/4"	-	-
Humedad de diseño (%)	0.25	0.91	0	-	-

Fuente: Elaboración propia (2019)

La arena utilizada al tener un peso específico de 2.64 gr/cm³ se encuentra dentro del rango sugerido por (BENITES ESPINOZA, 2011) quien sustenta que el peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 gr/cm³.

El mayor porcentaje retenido de la arena se encuentra en el tamiz N°50 el cual cuenta con una abertura de 0.297 mm.

Las perlas de poliestireno cuentan con un mayor porcentaje retenido en los tamices ¼" y N°04. Por el cual su tamaño máximo nominal es de ¼".

Las perlas de poliestireno al ser un material hermético no absorben agua, por el cual su % de absorción es cero.

El aditivo Neoplast 8500 Hp proviene de la empresa Química Suiza Industrial del Perú S.A y su uso goza de confiabilidad en el mercado.

5.2. Análisis de diseño de mezcla de concreto liviano no estructural

5.2.1. Análisis de diseño de mezclas

TABLA N°41: Cuadro resumen diseño de mezclas “Concreto liviano no estructural”

CUADRO DE RESUMEN DE DISEÑO DE MEZCLA	
CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL	
Proporción de los agregados	52% Ag. Fino - 48% Ag. Grueso y P.Perlas de poliestireno
DOSIFICACIÓN	
Estimación de agua (Lt/m3)	192.8
Relación Agua/Cemento	0.55
Factor cemento	8.25
Contenido aire atrapado (%)	2.5
Relación aditivo/cemento	0.006
Cant. Aditivo-Neoplast 8500 Hp (Kg/m3)	2.103

Fuente: Elaboración propia (2019)

Del diseño de Concreto Liviano no estructural se tuvo los siguientes resultados: cantidad de agua de 192.8 L/m3 y contenido de aire real de 2.5%. Manteniéndose la relación Agua/cemento de 0.55, la proporción de agregados 52% agregado fino y 48% de agregado grueso con perlas de poliestireno; y una relación aditivos/cemento que influye en gran medida en el control de segregación.

5.2.2. Análisis de los ensayos al concreto fresco

TABLA N°42: Cuadro resumen de ensayos al concreto fresco

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYO AL CONCRETO FRESCO	
CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL	
IDENTIFICACIÓN	VALOR
Asentamiento (cm)	4.32

Fuente: Elaboración propia (2019)

5.2.3. Análisis de los ensayos al concreto endurecido

5.2.3.1. Análisis de densidad

En la Tabla N°42 se analizó la densidad del concreto en estado endurecido a los 28 días.

TABLA N°42A: Cuadro resumen de ensayo.

CUADRO DE RESUMEN DE DENSIDAD	
CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL	
IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD
(días)	(Kg/m ³)
28	2170.554

Fuente: Elaboración propia (2019)

En la tabla se muestra que, en el diseño se obtuvo una densidad de 2170.554 para una resistencia de 173 kg/cm³; entonces, se considera un concreto no estructural pero de alta densidad.

5.2.3.2. Análisis de resistencia de compresión

TABLA N°43: Cuadro resumen de ensayos de resistencia a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
CONCRETO LIVIANO NO ESTRUCTURAL	
EDAD	RESISTENCIA (F'C)
(días)	(Kg/cm ²)
7	145
14	150
28	173

Fuente: Elaboración propia (2019)

La resistencia a la compresión del concreto CL-01 se mantuvo entre 15 y 19 MPa a los 28 días.

5.3. Verificación de Hipótesis

5.3.1. Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto, elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial de hasta el 30% del agregado grueso de las canteras del distrito de Alberto Leveau, provincia y departamento de San Martín, están en el rango establecido en la norma para su uso como concreto liviano no estructural.

TABLA N°44: Cuadro de verificación de Hipótesis

CUADRO DE CUMPLIMIENTO DE HIPÓTESIS						
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	DENSIDAD	RANGO	CONDICIÓN	RESISTENCIA	RANGO	CONDICIÓN
Concreto liviano no estructural (CL-01)	2170.554	1000 - 1800	No cumple	173	50.99 - 173.35	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2019)

En la Tabla N°44, se verificó que el concreto liviano a base de poliestireno: Concreto liviano no estructural realizado en la presente investigación no cumple con el rango de aceptación propuesta por el “Portland Cement Association” descritos en la Tabla N°37 “Categorización de los concretos livianos”. Por consiguiente, en esta investigación no se confirma la Hipótesis planteada para la densidad y sí para la resistencia a la compresión.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados de la presente investigación y su comparación con los resultados alcanzados en otras investigaciones, donde se usó perlas de poliestireno como material constituyente de las mezclas de concreto no estructural, se afirma:

1. La resistencia a la compresión que alcanzó este concreto a los 7 y 28 días es de 145 y 173 kg/cm², respectivamente, y se obtuvo utilizando el 52% de agregado fino de módulo de fineza 1.73 y el 30% de perlas de poliestireno expandido de módulo de fineza 6, a cuya mezcla se le añadió 2.103 L/m³ de plastificante, habiéndose utilizado una relación A/C de 0.55; sin embargo, (QUESADA VÍQUEZ, 2014) a los 7 y 28 días alcanzó para el concreto liviano no estructural una resistencia de 12 Mpa (122.4 Kg/cm²) y 16.1 Mpa (164.22 Kg/cm²), respectivamente, resistencia lograda al utilizar el 45% de perla de poliestireno expandido con un módulo de fineza de 5.3 y 55% de arena con módulo de fineza 3.8, no obstante, haber usado 4.96 L/m³ de plastificante y una relación A/C de 0.58. La densidad encontrada en la presente investigación es 2170.554 Kg/m³, mientras que (QUESADA VÍQUEZ, 2014) obtuvo una densidad de 1580.7 Kg/m³. Entonces, solamente para el investigador citado la densidad corresponde al rango de 1000 - 1800 Kg/m³; sin embargo, en ambas investigaciones la resistencia a la compresión alcanzada entre 5 - 17 Mpa (51 Kg/cm² – 173.4 Kg/cm²), si corresponde al rango establecido en el cuadro de “Categorización de los concretos livianos” de la Portland Cement Association.
2. La resistencia a la compresión del concreto estudiado a los 7 y 28 días es 145 y 173 kg/cm² , respectivamente, alcanzadas utilizando el 52% de agregado fino de módulo de fineza 1.73 y 30% de perlas de poliestireno expandido de módulo de fineza 6, añadiéndola 2.103 L/m³ de plastificante, habiéndose utilizado una relación A/C de 0.55; sin embargo, (RODRIGUEZ CHICO, 2017) a los 7 y 28 días alcanzó para un concreto

liviano similar alcanzó una resistencia de 20.30 Kg/cm² y 35.84 Kg/cm² respectivamente, resistencia lograda al utilizar el 7.61 % de perla de poliestireno expandido modificado con densidad de 154.17 Kg/m³ y 92.39 % de arena con módulo de fineza 2.71, y una relación A/C de 0.47. Asimismo, la densidad encontrada en la presente investigación fue de 2170.554 Kg/m³, mientras que (RODRIGUEZ CHICO, 2017), sin utilizar aditivos en su diseño, obtuvo una densidad de 1232.12 Kg/m³.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se confirma parcialmente la Hipótesis, en el sentido que de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, elaborado con perlas de poliestireno expandido en sustitución parcial de hasta el 30% del agregado grueso de las canteras del distrito de Alberto Leveau, provincia y departamento de San Martín, solamente la resistencia a la compresión está en el rango establecido en la norma para su uso como concreto liviano no estructural, más no la densidad.
- El Concreto alcanzó una resistencia a la compresión máxima de $f'c = 194 \text{ kg/cm}^2$ y promedio de $f'c = 173 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días; y, una densidad de 2170.554 kg/m^3 , por lo que el concreto propuesto no cumple con la densidad establecida para un concreto liviano no estructural.
- Las propiedades físicas referidas al estudio son: la granulometría de los agregados, medición del asentamiento del concreto fresco y densidad del concreto endurecido. La propiedad mecánica que se estudió fue la resistencia a la compresión del concreto endurecido.
- El concreto liviano con perlas de poliestireno posee muy baja retracción y no produce grietas durante el fraguado, y se puede aplicar en grandes superficies sin necesidad de juntas de dilatación. Además, no necesita de vibrado, ya que mediante este procedimiento se contribuye con la segregación de los elementos constitutivos de la mezcla.

7.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con porcentajes de perlas de poliestireno diferentes, para alcanzar densidades menores, tratando en lo posible de mantener valores semejantes de resistencia a la compresión.
- Incluir el uso del aditivo incorporador de aire con el fin de contribuir a la disminución de la densidad del concreto y obtener un concreto liviano.
- Durante la elaboración del concreto, colocar en la mezcladora los elementos de la masa en el orden siguiente: agregado fino, cemento, agua y aditivos. Mezclar hasta observar una mezcla homogénea, seguidamente adicionar el poliestireno expandido y continuar hasta que la mezcla sea homogénea.
- Proseguir con la investigación de la influencia del aditivo NEOPLAST 8500 HP en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en los estados fresco y endurecido, respectivamente.
- Realizar pruebas de aislamiento térmico y acústico en los diseños con perla de poliestireno para determinar su eficiencia como materiales aislantes y acústicos.
- Realizar investigaciones sobre la expansión de perlas de poliestireno expandido y elaboración de bloques de poliestireno en la región San Martín con el objeto de disminuir el costo de producción del concreto en estudio.
- Recomendar el uso del concreto liviano no estructural para la elaboración de unidades de albañilería y tabiquería (no estructural), así como estudiar su uso en falsas zapatas, cimientos y otros usos como concreto no reforzado.
- Continuar la investigación del concreto liviano estructural elaborado con perlas de poliestireno expandido.

CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

- A.M, N., & J.J, B. (1998). CONCRETE TECHNOLOGY. LONDON: Addison Wesley longman.
- ÁLVAREZ, L., & IRIGOIN, U. (2014). Efectos de la extracción y comercialización de arena cuarzosa blanca de canteras del área de influencia de la carretera Iquitos- Nauta 2009-2010. Iquitos: Tesis de grado de Maestría. UNAP.
- ARI QUEQUE, I. (2002). "Estudio de las propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia, con aditivo superplastificante y retardador de fraguado, con cemento Portland tipo I". Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- ARI, I. (2002). Estudio de la Propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resitencia, con aditivo superplastificante y retardador de fraguado con cemento portland tipo I . Lima: UNI.
- BARBA, C. &. (2018). Estudio exploratorio en diseño de mezclas del concreto cemento-arena liviano empleando perlitas de poliestireno, arcilla expandida y agregado fino de la cantera Irina Gabriela, distrito san juan bautista, Iquitos 2018.
- BAZAN, E., & MELI, R. (2001). Diseño Sísmico de edificios. Limusa.
- BENITES ESPINOZA, C. M. (2011). Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKAViscocrete 20HE. Lima- Perú: Tesis.
- CALDERÓN MAMANI, R. (2016). Influencia del poliestireno, aditivo incorporador de aire en el comportamiento mecánico del concreto con agregado natural y procesado de la ciudad de Huancané. Juliana: Universidad Andina " Néstor Cáceres Velásquez".
- CAMPOS. (2014). Desarrollo de morteros ligeros base cemento portland con propiedades térmicas optimizadas mediante la incorporación de un micro co-polímero.
- CHAVEZ, M. &. (2015). Producción Industrial de agregados y concreto en la ciudad de Tarapoto. En M. &. CHAVEZ, Producción Industrial de agregados y concreto en la ciudad de Tarapoto.

- DÍAZ LÓPEZ, S. (2017). Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado árido de arcilla expandida (arlita) en sustitución parcial del agregado grueso. Ambato-Ecuador: Universidad técnica de Ambato.
- DÍAZ VILCA, M. (2010). Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- DUNKER, D. A. (25 de Octubre de 2018). www.achipexag.cl. Obtenido de http://www.frioycalor.cl/revistas/rev_82.pdf
- HARMSSEN, T. E. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.
- IRIGOIN CABRERA, U. O. (2015). Medición de la sostenibilidad minera no metálica mediante indicadores sintéticos. Aplicación para explotación de agregados pétreos para construcción en Loreto y San Martín, Perú. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Loreto, Iquitos.
- KASMATKA, S. H., KERKHOFF, B., PARANACE, C. W., & TANESI, J. (2012). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. México: EB201.
- MANRIQUE, R. (2016). Diseño de una mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de $\phi = \frac{3}{4}$ " y un asentamiento de 3", para lograr una resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm². Caracas: Universidad Nueva Esparta.
- NIÑO HERNANDEZ, J. R. (2010). Tecnología del Concreto - Tomo I.
- PAULINO FIERRO, J. C., & ESPINO ALMEYDA, R. A. (2017). Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- PÉREZ, T. &. (2019). Influencia de los aditivos incorporador de aire y superplastificante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento -arena liviano, elaborado con perlas de poliestireno expandido y agregado fino. Iquitos, 2018.
- QUESADA VÍQUEZ, N. M. (2014). Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A. . COSTA RICA: --.
- QUINBAY, R. (2012). Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM. Universidad Nacional de Colombia.

RIVVA LÓPEZ, E. (2013). Diseño de Mezclas. Lima: Imprenta Williams E.I.R.L.

RODRIGUEZ CHICO, H. E. (2017). Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la fabricación de unidades de albañilería no estructural-Cajamarca. Cajamarca.

WIKIPEDIA. (23 de Octubre de 2018). Wikipedia. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_\(concreto\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_(concreto))

YAGUAL VERA, D. G., & VILLACÍS APOLINARIO, D. W. (2015). Hormigón Liviano de alto desempeño con arcilla expandida. La libertad-Ecuador: -.

YAGUAL VERA, DIANA GABRIELA. VILLACÍS APOLINARIO, DANIEL WILFRIDO. (2015). Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida. La Libertad - Ecuador: La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

ANEXOS

ANEXO 01: ENSAYOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Concreto liviano no estrutural

GRÁFICO N°09: Ensayo de compresión CL-01 a los 7 días.

[illegible]

GRÁFICO N°10: Ensayo de compresión CL-01 a los 14 días.

[illegible]

GRÁFICO N°11: Ensayo de compresión CL-01 a los 28 días.

ENSAYO DE COMPRESIÓN										
DE DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO										
ASTM C - 39										
Relación Agua/Cemento		0.55	CON ADITIVO			14 días de Curado CL-01				
Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	338.2	34,484	179	193	173
2	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	340.2	34,694	179	194	
3	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	338.2	34,485	179	193	
4	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	255.2	26,021	179	145	
5	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	293.7	29,946	179	167	
6	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	271.4	27,675	179	155	
7	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	299.3	30,522	179	171	
8	TESTIGO	06/06/2019	04/07/2019	28	15.10	290.8	29,656	179	166	

ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTO N° 01: CONTENIDO DE HUMEDAD
AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 02: CONTENIDO DE HUMEDAD
AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 03: PESO UNITARIO COMPACTADO
AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 04: PESO UNITARIO
COMPACTADO AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 05: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 06: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
AGREGADO FINO.**



**FOTO N° 07: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
AGREGADO GRUESO.**



**FOTO N° 08: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
AGREGADO GRUESO.**



FOTO N° 09: PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO.



FOTO N° 10: PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO



FOTO N° 11: PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO



FOTO N° 12: PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 13: PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 14: PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 15: PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 21: RUPTURA DE PROBETA DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 30% DE AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.



FOTO N° 22: MUESTRA DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 30% DE AGREGADO GRUESO POR PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.

ANEXO 03: FICHAS TÉCNICAS
➤ **FICHA TÉCNICA DE ADITIVO – NEOPLAST 8500 HP**

SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO



NEOPLAST 8500 HP®
ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y
SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

DESCRIPCIÓN

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto autocompactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

BENEFICIOS

- Produce concreto fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Densidad : 1.10 kg/L
Color : Ámbar oscuro
Apariencia : Líquido

ESPECIFICACIONES /NORMA

El NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494, Tipo F. (*).

NEOPLAST 8500 HP®

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

INSTRUCCIONES DE USO

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo, característica del cemento y el diseño de mezcla elegido

DOSIFICACIÓN

El NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2– 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

PRESENTACIÓN

- Tanques 1100 kg
- Cilindro 180 kg
- Balde 20 kg

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
 - Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
 - No es compatible con los aditivos base naftalenos.
 - Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
 - EL producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.
- (*) NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

➤ HOJA DE SEGURIDAD - NEOPLAST 8500



Química Suiza Industrial
del Perú S.A.
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Perú
www.qsindustrial.biz

T (+51-1) 710 4000
F (+51-1) 710 4050



HOJA DE SEGURIDAD- NEOPLAST 8500 HP

SECCION 1- IDENTIFICACION DE PRODUCTO

Nombre comercial : NEOPLAST 8500 HP
Compañía : Química Suiza Industrial del Perú S.A.
Teléfono : 211 – 4000 anexo 4065- 4066
Teléfono de Emergencia : 452-0709 anexo 8123
Dirección : Av. República de Panamá 2577 La Victoria
Uso del producto : Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante sin retardo

SECCION 2 - IDENTIFICACION DE PELIGROS

Resumen de emergencias

Líquido ámbar, sin serios efectos bajo condiciones de uso normales. Respirar aire fresco. Evitar sobre exposición.
Si los síntomas persisten consultar a un médico.

Efectos potenciales para la salud/vías de exposición

Inhalación : Sin serios efectos bajo condiciones de uso normales.
Ojos : Contacto directo puede causar ligera irritación.
Ingestión : Puede causar irritación gastrointestinal, náuseas y vómitos
Piel : Puede causar ligera irritación.

SECCION 3 – COMPOSICION DEL PRODUCTO

Descripción Química

Solución acuosa de poli acrilato - vinil

Componentes peligrosos	CAS-Nº	%
-----	-----	-----

SECCION 4 – MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Conseguir atención médica inmediata en cualquier caso de exposición

Inhalación : Respirar aire fresco. Monitorear problemas respiratorios. Dar oxígeno de ser necesario, si se presenta una tos persistente o tiene problemas en respirar, buscar atención médica inmediata.
Ojos : Lavar los ojos por 15 min, si persiste el escozor o irritación buscar atención médica inmediata.
Piel : Limpiar área de contacto con jabón y agua si la irritación persiste conseguir ayuda médica.
Ingestión : Conseguir atención médica. No inducir al vomito.

Versión 01
Setiembre 2015



Química Suiza Industrial
del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Perú
www.qsiindustrial.biz

T (+51-1) 710 4000
F (+51-1) 710 4050



HOJA DE SEGURIDAD- NEOPLAST 8500 HP

SECCION 5 – DATOS SOBRE PELIGRO DE EXPLOSION Y FUEGO

Medios de extinción	: No se espera que este producto arda bajo condiciones de uso normal.
Productos de combustión Peligrosos	: Monóxido de carbono y dióxido de carbono pueden formar humo.
Equipo de protección contra Incendios	: Son aceptadas técnicas contra incendios. Usar ropa contra incendios, incluyendo equipos para la respiración.
Condiciones de explosión y Fuego	: No se espera que este producto se encienda bajo condiciones de uso normal.

SECCION 6 – MEDIDAS CONTRA DERRAMES ACCIDENTALES

Detener derrame, alejarlo del agua. Absorber derrame con arena, tierra u algún otro material adecuado. Transferirlo a adecuados contenedores para su desecho. Usar equipo adecuado. Evitar contacto con el material.

SECCION 7 – ALMACENAJE Y MANIPULACION

Manipule el producto con higiene. Lavarse las manos antes de usar el producto. Alejarlo de lugares fríos no use en áreas poco ventiladas. Prevenga inhalaciones de vapor ingestión y contacto con la piel u ojos y ropa. Mantenerlo cerrado cuando no sea usado. Las precauciones también aplican a contenedores vacíos. Almacenar en contenedores sellados y en lugares ventilados y secos.

SECCIÓN 8 – CONTROL DE EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

Respiratoria	: No requerida bajo condiciones de uso normal. Usar equipo de respiración adecuado cuando la ventilación no es suficiente o si es necesario.
Protección de las manos	: Usar guantes de goma e indumentaria protectora para reducir exposición.
Protección para los ojos	: Usar adecuados protectores para los ojos. Use gafas protectoras y/o protectores para el rostro para prevenir contacto visual. No use lente de contacto. No tocarse los ojos si hace contacto con el producto.
Protección para la piel	: Prevenir el contacto con los zapatos y la ropa. Usar delantal de goma y protectores para los zapatos.
Medidas de orden técnico	: No requeridas bajo condiciones de uso normal.

Versión 01
Setiembre 2015



Química Suiza Industrial
del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Perú
www.qsiindustrial.biz

T (+51-1) 710 4000
F (+51-1) 710 4050



HOJA DE SEGURIDAD- NEOPLAST 8500 HP

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Forma	: Líquido
Color	: Ámbar
Punto de Congelamiento	: No determinado
Punto de ebullición	: No determinado
Solubilidad en agua	: Soluble
Densidad (g/mL)	: 1.086 – 1.116
pH	: 5.13 – 6.13

SECCIÓN 10 – REACTIVIDAD / ESTABILIDAD

Evitar sustancias	: Ácidos y bases fuertes
Estabilidad	: Estable.
Polimerización peligrosa	: No ocurrirá.

SECCIÓN 11 – INFORMACION TOXICIDAD/COMPONENTES PELIGROSOS

No existen datos disponibles.

SECCIÓN 12 – INFORMACION ECOLÓGICA

Ningún dato disponible

SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES SOBRE SU ELIMINACION

Desechar en cumplimiento con los reglamentos del estado y locales.

SECCIÓN 14 – TRANSPORTACION/DATOS DE EMBARQUE

TGD / DOT Descripción de embarque:
MERCADERIA NO PELIGROSA

SECCIÓN 15 – INFORMACION LEGAL REGULATORIA

Etiquetado según 88/379/EEC
Según directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

SECCIÓN 16 – INFORMACION NFPA 704

Versión 01
Setiembre 2015



Química Suiza Industrial
del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Perú
www.qsiindustrial.biz

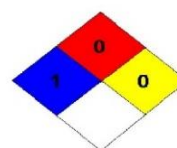
T (+51-1) 710 4000
F (+51-1) 710 4050



HOJA DE SEGURIDAD- NEOPLAST 8500 HP

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	0
EPP	0

0 = mínimo
1 = ligero
2 = moderado
3 = serio
4 = severo



Información Adicional

Solo para uso industrial. Manténgase alejado de los niños. Las informaciones de precaución son ofrecidas únicamente para la consideración del usuario. Sujeta a su propia investigación de acuerdo a las regulaciones aplicables, incluyendo el uso de seguro de este producto bajo condiciones previsibles.

Central de emergencias de los bomberos : 116 ó 2220222

La información contenida esta basada en datos considerados exactos. Pero no se expresa garantía que implique la consideración de exactitud de estos datos o el resultado obtenido por su uso. El vendedor no asume responsabilidades por daños al comprador o terceras personas causadas por el material. Si los procedimientos razonables de seguridad no son adheridos como se estipula en la hoja de datos adicional, el vendedor no asume responsabilidad por daños al comprador o terceras personas causadas por uso inadecuado del material incluso si los procedimientos de seguridad son seguidos, además, el comprador asume el riesgo del uso del material.