



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU
SANTO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA
CIVIL CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TÍTULO: [L]
[SEP]

**ANÁLISIS DEL USO DE GEOBLOQUES PARA
ALIGERAR EL RELLENO EN CIMENTACIONES DE
EDIFICIOS**

**TRABAJO DE TITULACION QUE SE PRESENTA
COMO REQUISITO PARA EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

JUAN EMILIO QUIROZ VÉLEZ

NOMBRE DEL TUTOR: ING. BLAS CRUZ

SAMBORONDÓN, ENERO DEL 2019

APROBACIÓN DEL(A) TUTOR(A)

En mi calidad de tutor del estudiante Juan Emilio Quiroz Vélez, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil, carrera dictada en la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES, certifico: Que he revisado el trabajo de tesis con el título: **ANÁLISIS DEL USO DE GEOBLOQUES PARA ALIGERAR EL RELLENO EN CIMENTACIONES DE EDIFICIOS**, presentado por el estudiante Juan Emilio Quiroz Vélez con cédula de ciudadanía N°. 0920164050, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Ingeniería Civil, y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, para presentarse a la Defensa Final.

Tutor: Ing. Blas Cruz

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mi familia que siempre me han inculcado que los estudios son muy importantes y que me han apoyado a lo largo de mi vida para lograr los retos que me proponga.

AGRADECIMIENTOS

Les quiero agradecer a los docentes de la universidad que durante mis años de estudio me apoyaron y alentaron para seguir adelante.

En especial quiero agradecerle a mi tutor, el Ingeniero Blas Cruz, y al Director de carrera, el Ingeniero Urbano Caicedo, que me han ayudado en el proceso de la realización del proyecto de Titulación.

RESUMEN

El poliestireno expandido es un producto fabricado de pentano luego de ser expuesto a cambios de temperatura que puede ser utilizado de diversas maneras en la construcción como el alivianamiento. En el Ecuador su uso no es muy común y no existen muchas empresas que lo fabriquen, prefiriendo la utilización de material de reemplazo como material de relleno para las cimentaciones.

Para todo tipo de construcción se debe considerar el terreno sobre el que va a ser construido puesto que este será el que defina qué características y materiales serán utilizados para la construcción. Uno de los aspectos más importantes es la compresibilidad del suelo, que implica que el suelo se deformará fácilmente por lo que requerirá algún tipo de relleno antes de poder darle uso.

El proyecto tiene como objetivo analizar los beneficios de utilizar el poliestireno expandido para el alivianamiento de estructuras en comparación a utilizar materiales convencionales.

Se realizaron pruebas de resistencia sobre los bloques de poliestireno expandido y sobre materiales convencionales, además de un análisis de precios entre ambos asumiendo que se construye un edificio de tres pisos de 30 m² por cada piso en la ciudad de Guayaquil, sobre un suelo compresible.

El resultado del análisis demostró que utilizar poliestireno expandido como relleno resulta menos costoso que el material convencional y demora menos en su construcción.

Palabras Claves

Poliestireno, Alivianamiento, Cimentación, Relleno, Resistencia, Cargas

ABSTRACT

Expanded polystyrene is a product made of pentane after being exposed to changes in temperature that can be used in many ways in construction as the lightening of structures. In Ecuador its use is not very common and there are not many companies that manufacture it, preferring the use of replacement material as fill material for the foundations.

For all types of construction, the land on which it will be built must be considered, since it will define what characteristics and materials will be used for the construction. One of the most important aspects is the compressibility of the soil, which implies that the soil will be easily deformed, which will require some type of filling before being able to use it.

The objective of the project is to analyze the benefits of using expanded polystyrene for the lightening of structures compared to using conventional materials.

Resistance tests were carried out on the expanded polystyrene blocks and on conventional materials, in addition to a price analysis between both, assuming that a three-storey building of 30 m² was built for each floor in the city of Guayaquil, on a compressible floor.

The result of the analysis showed that using expanded polystyrene as a filler is less expensive than conventional material and takes less time to build.

Keywords

Polystyrene, Lightening, Foundations, Filling, Resistance, Loads

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contents

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
Palabras Claves.....	5
ABSTRACT	6
Keywords.....	6
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	7
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
CAPÍTULO I.....	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Formulación del Problema	15
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo General	15
1.4.2 Objetivos Específicos	15
1.5 Justificación De la Investigación.....	15
1.6 Finalidad y Usos del Poliestireno Expandido	16
CAPÍTULO II.....	18
2.1 Sólidos Celulares	18
2.2 Poliestireno.....	19
2.3 Poliestireno Expandido	19
2.4 Características del Poliestireno Expandido.....	20
2.4.1 Densidad	20
2.4.2 Reacción con el agua	20
2.4.3 Resistencia Química	21
2.4.4 Resistencia a la Compresión.....	22
2.4.5 Resistencia a la Tracción.....	23
2.4.6 Resistencia a la Flexión.....	24
2.4.7 Resistencia al fuego.....	24
2.5 Ventajas del Poliestireno Expandido.....	25
2.6 Uso del Poliestireno Expandido.....	26
2.6.1 Cimentación	27
2.6.2 Alivianamiento de estructuras.....	28

2.6.3	Suelos Compresibles.....	28
2.6.4	Carreteras y Terraplenes.....	30
2.6.5	Pilar y Aproches para Puentes	30
2.6.6	En Cubiertas.....	31
2.6.7	Paredes y Fachadas	32
2.6.8	Muros de Contención.....	33
2.6.9	Diques	33
2.6.10	Paisajismo.....	34
2.7	Proceso de fabricación de bloques de poliestireno expandido.....	34
2.7.1	Pre Expansión	35
2.7.2	Reposo Intermedio y Estabilización.....	36
2.7.3	Expansión y Moldeo	37
2.8	Especificaciones Técnicas para la Utilización de Bloques de Poliestireno Expandido (EPS).....	37
2.8.1	Calidad	38
2.8.2	Dimensiones	38
2.8.3	Medidas Precisas	38
2.8.4	Densidad Aparente	38
2.8.5	Compresión.....	39
2.8.6	Flexión	40
2.8.7	Absorción	41
2.9	Principios para instalar bloques de EPS	41
2.9.1	Lecho Soporte	42
2.9.2	Montaje.....	43
2.9.3	Construcción de la Fijación en los Bloques de EPS	44
2.9.4	Protección de Bloques	45
2.9.5	Vida Útil	46
2.10	Agregados.....	47
2.10.1	Definición.....	47
2.10.2	Historia del Uso de Agregados.....	47
2.10.3	Clasificación de Agregados.....	47
2.10.4	Usos de los Agregados.....	50
2.10.5	Propiedades de los Agregados.....	51
2.11	Material de Reemplazo	59
2.12	Uso del Material de Reemplazo como Relleno.....	60
CAPÍTULO III		61
3.1	Formulación de la Hipótesis.....	61

3.2	Diseño de investigación.....	61
CAPÍTULO IV.....		62
4.1	Análisis Comparativo entre el Sistema de Relleno con Bloques de Poliestireno Expandido y el Sistema de Relleno con Tradicional.	62
4.2	Estudio de Suelo para la Investigación.....	63
4.2.1	Comparación técnica entre bloques de poliestireno y cascajo.....	66
4.3	Técnica de Relleno con cascajo	67
4.4	Técnica de Relleno con bloques de poliestireno expandido.	70
4.5	Comparación de costos.....	73
4.5.1	Costos de Zapata en una dirección con Relleno de Bloques de Poliestireno.....	73
4.6	Cargas Admisibles.....	74
5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones.....	76

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1 Trabajo de ingeniería civil con poliestireno expandido	14
Ilustración 2 Usos del Poliestireno Expandido en Edificaciones.....	17
Ilustración 3 Sólidos Celulares	18
Ilustración 4 Poliestireno Expandido.....	20
Ilustración 5 Geobloques en carreteras	30
Ilustración 6 Geobloques en Puentes	31
Ilustración 7 Geobloques en cubiertas.....	32
Ilustración 8 Geobloques en paredes	32
Ilustración 9 Geobloques en muros de contención	33
Ilustración 10 Geobloques en diques	34
Ilustración 11 Geobloques en paisajismo.....	34
Ilustración 12 Esquema de Transformación del Poliestireno Expandido (EPS)	35
Ilustración 13 Máquina de pre-expansión	36
Ilustración 14 Silos de Curado.....	36
Ilustración 15 Geobloques en lechos de soporte.....	42
Ilustración 16 Colocación y Corte de Bloques de EPS In Situ	43
Ilustración 17 Ensamblaje de bloques de EPS mediante garras.....	44
Ilustración 18 Colocación de geobloques	45
Ilustración 19 Protección para los geobloques.....	46
Ilustración 20 Agregado Granular	48
Ilustración 21 Agregado triturado.....	48
Ilustración 22 Agregado Artificial.....	49
Ilustración 23 Agregado Reciclado.....	49
Ilustración 24 Máquina de Pruebas Granulométricas.....	52
Ilustración 25 Grafico Curva Granulométrica.....	53
Ilustración 26 Estados de partículas según su humedad.....	57
Ilustración 27 Esquema del peso volumétrico	58
Ilustración 28 Material de Reemplazo	59
Ilustración 29 ZONA DE URDESA – KENNEDY.....	64
Ilustración 30 Zona 5.....	64
Ilustración 31 Estratigrafía Urdesa	65
Ilustración 32 Elevación y Planta.....	66
Ilustración 33 Planta de Cimentación	69
Ilustración 34 Diseño de Zapata Corrida	69
Ilustración 35 Eje X & Eje Y.....	70
Ilustración 36 Planta de Cimentación Técnica 2	71
Ilustración 37 Cargas por columna	72
Ilustración 38 Planta de Cimentación	72

ÍNDICE DE TABLAS

Table 1 Resumen de las propiedades químicas del EPS.....	21
Table 2 Resumen de las propiedades químicas del EPS.....	22
Table 3 Influencia de la densidad aparente en la resistencia a la tracción.....	23
Table 4 Efecto de la densidad aparente en la resistencia a la flexión.....	24
Table 5 Tipos de Ensayos necesarios para que los bloques de Poliestireno expandido puedan ser usados en construcción.....	37
Table 6 Dimensiones comunes de bloques EPS.....	38
Table 7 Cantidades mínimas de densidad para bloques EPS.....	39
Table 8 Resistencia a la compresión dependiendo de su densidad aparente.....	39
Table 9 Resistencia a la Flexión en Función de la Densidad Aparente	40
Table 10 Absorción de agua por total en función de la densidad aparente.....	41
Table 11 Rangos para el tamaño del bloque de poliestireno	73
Table 12 Comparación costos.....	74
Table 13 Cargas Admisibles.....	74

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

Toda obra de ingeniería civil está apoyada en el suelo. Varias de las características de la construcción estarán dadas a partir del suelo y los materiales de asiento debido a que el comportamiento de la estructura está dado por el comportamiento del terreno. (Lambde, 1996)

La compresibilidad está definida como una propiedad del suelo o de la roca para llegar al punto en el que se vuelve susceptible o reducir su volumen al estar sujeto a carga. (Mendoza & Ortiz, 2015) Una de las características de mayor interés de los suelos compresibles es su gran deformidad, esto conlleva a que las personas se asienten en grandes cantidades en ellos, lo que termina afectando la calidad de las estructuras construidas en ellos, deformando los firmes.

Al ser depósitos de capas de poca densidad estos aparecen en zonas bajas y llenos de agua en los poros. La provincia de Esmeraldas en Ecuador es un claro ejemplo donde existe esta clase de suelo. La alta cantidad de materia orgánica en estos suelos aumenta la deformidad que tienen, además de modificar los asentamientos que hay sobre él. Este tipo de suelos normalmente tiene una baja resistencia a corto plazo.

Dadas las necesidades de utilizar materiales que se acoplen a las características del suelo se han fabricado diversos tipos de materiales con el tiempo y las mejoras en tecnología, siendo uno de estos los bloques hechos de EPS (poliestireno expandido) que ya ha demostrado su gran capacidad para la construcción en diversas obras de importancia alrededor del mundo.

Los bloques EPS tienen como aspecto principal una baja densidad, por lo que la

fuerza vertical necesaria es menor que para otros rellenos agregados comparables. En sí esta aplicación no es nueva, ya lleva aproximadamente 40 años utilizándose para reemplazar el suelo.

El uso de bloques EPS en obras de construcción de rellenos cuando el suelo es blando se lo hace reemplazando el material pesado con el que está relleno por geobloques de EPS.

1.2 Antecedentes

El EPS se descubrió en el año 1930, pero recién en los años 50 se desarrolló el proceso de expansión para el poliestireno, su primer uso fue como aislante térmico para uso industrial y comercial.

Su primer uso en ingeniería civil recién se dio en 1960. Dentro de este campo hay dos áreas de aplicación. La primera área es como un aislamiento térmico para la sección subterránea de las construcciones, esto era especialmente para los países escandinavos, la segunda área es para utilizar los geobloques bajo las calles, pistas, aceras y vías de ferrocarriles, este tipo de obras se usan en Canadá, Estados Unidos y otros países nórdicos, una vez más siendo el más prominente Escandinavia.

Ilustración 1 Trabajo de ingeniería civil con poliestireno expandido



En Noruega entre los años 1971 y 1991 se le dieron uso a un aproximado de 250.000 m^3 en 120 proyectos. (Horvath, 1995) Los usos fueron mayormente para construir terraplenes de carreteras y rellenos para estructuras de contención. Una de las más importantes agencias de investigación en ese país y el despliegue de EPS, es el Laboratorio de Investigación de la carretera de Noruega (NRRL).

Se los utilizó en varias aplicaciones geotécnicas para hacer avances y desarrollar obras de ingeniería en suelos blandos. Los usaron como GEOFOAM, que significan bloques rígidos de EPS, se los fabrica con moldes de volumen de 2 y 3 metros cúbicos con densidades desde 7 a 100 kg/m^3 , gracias a estas características el material se puede utilizar en construcciones que son complicadas de lograr con los materiales más comunes. El construir rellenos utilizando materiales térreos encima de suelos blandos siempre provoca problemas en el corto y el largo plazo, por lo que los materiales ligeros han abarcado un mayor uso.

Se ha ido estudiando cada vez más la manera en la que se comporta el poliestireno expandido (EPS) con respecto a la reducción de la presión lateral sobre los

muros de contención y la respuesta sísmica, además de su durabilidad en los plazos corto y largo, y otros usos que podrían tener en el país.

1.3 Formulación del Problema

En la siguiente investigación se quiere realizar un estudio sobre como los bloques de poliestireno expandido en rellenos para la cimentación pueden ayudar al alivianamiento de las estructuras sobre suelos compresibles y que no se generen daños en ella. Se van a realizar comparaciones con otro tipo de rellenos para así determinar las ventajas que el poliestireno expandido brinda al momento de la construcción y a futuro.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar un estudio sobre el alivianamiento que los bloques de poliestireno expandido pueden brindarle a una estructura situada en suelos compresibles y determinar las ventajas y desventajas que presenta la aplicación de esta técnica de construcción.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el empleo de bloques de poliestireno expandido como sistema de construcción, desde el punto de vista técnico, constructivo y económico.
- Realizar una comparación entre materiales de uso convencional y el poliestireno expandido para utilizar como material de relleno en cimentaciones compensadas.
- Evaluar cuales son las ventajas del poliestireno expandido en función del alivianamiento de las estructuras en suelos compresibles.

1.5 Justificación De la Investigación

Siendo consciente de los problemas que afronta el Ecuador con respecto a lo inestables que pueden ser los suelos, es de suma importancia que la industria de la

construcción se enfoque en estructuras de menor peso para aminorar el problema. A pesar de ello los materiales que se usan en construcción terminan siendo bastante pesados y hacen que el suelo de cimentación se vuelva inestable, lo que termina también afectando a la estructura, lo que conlleva a grandes pérdidas monetarias. Estos suelos comprensibles con baja capacidad portante son un grave problema durante toda la vida útil de la construcción, no solo durante su proceso.

Mediante el siguiente proyecto de investigación se busca estudiar el desarrollo de la metodología para aligerar los rellenos y también el de los elementos de la estructura utilizando materiales poco convencionales que tenga el país. Para este caso en particular será el Poliestireno Expandido.

1.6 Finalidad y Usos del Poliestireno Expandido

El plástico hecho de Poliestireno Expandido (EPS) es utilizado como elemento termoaislante para la construcción, además de dar soluciones más factibles para fabricar módulos y piezas terminadas, también como material ligero para hacer cimientos y obras de plataforma o como un aditivo ligero para producir hormigón, argamasas y enlucidos proyectores.

Tanto ingenieros como arquitectos del sector de la construcción usan sus cualidades para aplicarlas en sectores funcionales en el área de las edificaciones. Estas se centran en soluciones constructivas para el aislamiento termo-acústico de los diferentes cerramientos, que se explican a continuación:

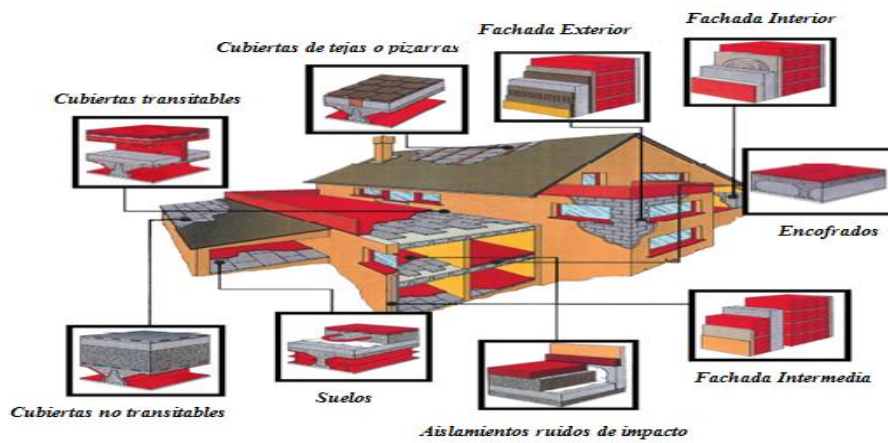
- Soluciones de aligeramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación
- Aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación

- Material aligerante y conformador de estructuras.

Cuando se construye una estructura en un terreno que tenga poca resistencia, se debe considerar las cargas pesadas que dañan los estratos blandos, esto puede continuar durante varios años.

Como solución para que las construcciones no tengan hundimientos debido a fallas en el subsuelo, es necesario que no se les añadan cargas adicionales para que el peso del material de relleno de la cimentación sea escaso. A esta clase de construcción se la conoce como geofoam.

Ilustración 2 Usos del Poliestireno Expandido en Edificaciones



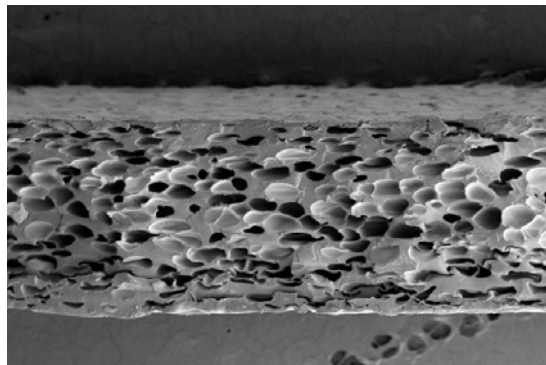
CAPÍTULO II

2.1 Sólidos Celulares

Se conoce como sólidos celulares a los materiales que están compuestos por series de celdas unidas, en arreglos tridimensionales o bidimensionales, llamados espumas o panales de miel respectivamente. (Gibson & Ashby, 1999) En la naturaleza se pueden encontrar diversos materiales celulares como la madera, las hojas, el corcho, el hueso, el tallo y el coral. También existen materiales celulares que no son naturales que se pueden producir utilizando polímeros, vidrio o metal. Los métodos más habituales son mediante la expansión, moldeo y extrusión.

Las características de los materiales celulares son: livianos, flexibles, porosos, deformables y una baja conductividad térmica. Por ello estos materiales se suelen requerir más para formular nuevas tecnologías. Existen varias aplicaciones para los materiales celulares dentro de la ingeniería. Incluso para materiales para la construcción simples y compuesto para estructuras, para fuselaje. Esto se debe a la poca densidad y alta resistencia que tienen. Además, se pueden utilizar como aislantes térmicos, para embalaje, como aislante acústico y como material filtrante.

Ilustración 3 Sólidos Celulares



2.2 Poliestireno

Se clasifica al poliestireno (PS) como un polímero lineal, un material amorfo. Al tratarse de un polímero, es completamente inactivo ante un ataque químicos, tiene una gran resistencia a los haluros de ácido, álcalis, agentes oxidantes y a los reductores. Cuando es expuesto a altas temperaturas se transforma en una mezcla de poco peso molecular. Su nivel de estabilidad en cuanto al envejecimiento atmosférico es ínfimo, cuando se la expone se pone amarillenta y se rompe. (Billmeyer, 1975)

Hay dos tipos principales de poliestireno, ambos tienen propiedades distintas del otro:

- Poliestireno de uso general (GPPS)
- Poliestireno de alto impacto (HIPS)

Utilizando el poliestireno de uso general se pueden conseguir otros tipos de PS, siendo el expandido el cuál será el enfoque.

2.3 Poliestireno Expandido

Se le llama poliestireno expandido (EPS) a un material celular que forma parte de las geoespumas. (Negussey & Jahanandish , 1993). Se definió la geoespuma por primera vez en 1995 por Horvath, en donde lo utilizaba para referirse a cualquier material que haya sido fabricado por un proceso de expansión para aplicaciones geotécnicas. Durante el proceso de expansión el agente más común es el pentano, que está en la matriz PS y soporta una expansión cuando cambia de fase gracias a los cambios en temperatura.

Ilustración 4 Poliestireno Expandido



2.4 Características del Poliestireno Expandido

2.4.1 Densidad

En base a la cantidad de EPS tendrá una densidad entre 10 a 50 kg/m³. Todo producto hecho a base de poliestireno expandido es muy ligero. (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2003)

2.4.2 Reacción con el agua

Al tratarse de un material hidrofóbico, el EPS está conformado de átomos de hidrógeno y carbono debido a la falta de grupos polares. Hay una ausencia de capilaridad y en caso de ser empapado en agua su absorción es ínfimo. Su nivel de absorción a los 28 días varía entre el 1% y el 3%. (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2003)

En cuanto a la resistencia la difusión del vapor del agua, se la calcula con factor adimensional μ , que sirve para mostrar la cantidad de veces que supera la resistencia a la difusión del vapor de agua de cualquiera material comparado con una capa de aire de un mismo espesor, para el caso del aire el valor de $\mu = 1$. En el caso de los materiales EPS el valor de μ dependerá de la densidad de cada uno, que varía entre $\mu = 20$ y $\mu = 100$. (Empoline, 2012)

2.4.3 Resistencia Química

El EPS es un polímero no polar, esto significa que es vulnerable a los solventes orgánicos comunes como la acetona. Por otro lado, el EPS tiene una excelente resistencia contra medios acuosos ácidos o básicos. (Asociación Argentina Del Poliestireno Expandido, 2003)

Table 1 Resumen de las propiedades químicas del EPS

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada

Table 2 Resumen de las propiedades químicas del EPS

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Disolventes orgánicos (acetona, ésteres,...)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Fuente: Ardila & Castañeda

2.4.4 Resistencia a la Compresión

El EPS tiene una gran capacidad para soportar las fuerzas que buscan comprimirlo. La espuma del EPS es termoplástica que al estar bajo una carga se vuelve visco-elástica distinta a otros materiales elásticos. A causa de esto, sus resistencias se miden con la tensión por la compresión con una deformación del 10%, en vez de medir la resistencia a la presión. La deformación antes mencionada por ser una deformación plástica no se la considera para el dimensionamiento. (BASF, 1997)

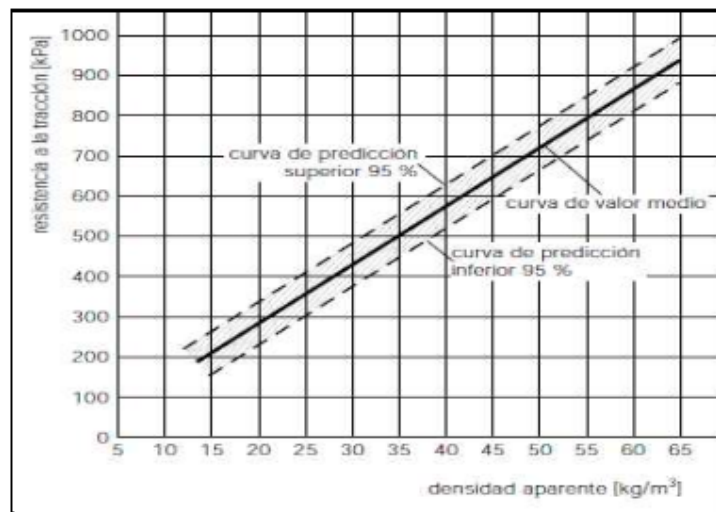
El material, dependiendo de la densidad, puede tener una resistencia de entre 50 a 150 KPa. Debido a la forma esférica de celdas de las que está hecho el bloque este tiene un comportamiento isotrópico.

La propiedad más importante del Geofoam es su resistencia a la compresión. Claro que esta depende de su densidad, a mayor densidad, mayor resistencia a la compresión. Otros factores que afectan su resistencia son: la temperatura, las partículas y la edad de la espuma.

2.4.5 Resistencia a la Tracción

Esta resistencia se requiere para el Geofoam cuando tiene tensiones de adherencia y cuando su peso o la succión por causa del viento provocan que el EPS le afecten esfuerzos de tracción. Al incrementarse la densidad también se incrementa la resistencia a la tracción. Alargar una rotura en el ensayo de la tracción es una de las propiedades que dependen de escenarios específicos, como la calidad de la soldadura. (BASF, 1997)

Table 3 Influencia de la densidad aparente en la resistencia a la tracción

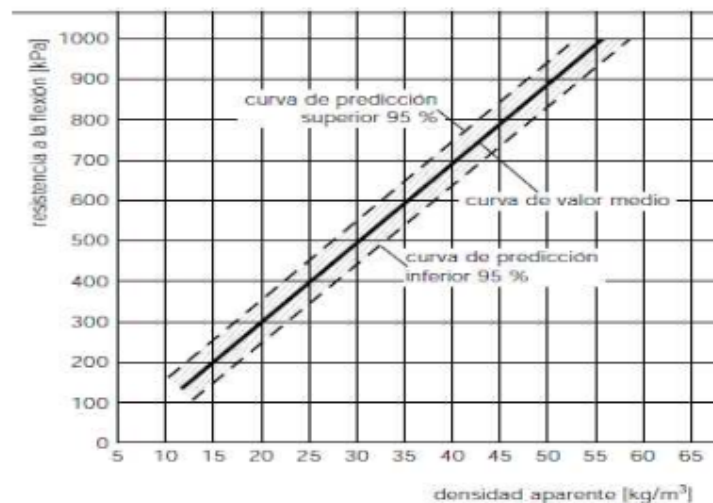


En la figura las líneas trazadas muestran un grado previsible del 95%, cuya amplitud varía según la materia prima utilizada y de los parámetros de transformación. Mientras que sean más uniformes las condiciones de los límites entonces será aún más apretada la banda. La línea continua en cambio muestra el valor medio.

2.4.6 Resistencia a la Flexión

Esta cualidad permite al material flexionarse al ser afectado por cargas en dirección perpendicular a su eje longitudinal. Con esta resistencia se evalúa la manipulación y el control de calidad con respecto a la soldadura o la fusión del EPS. Cuanto mayor sea su densidad aparente mayor será su resistencia a la flexión. En cuanto a la flexión de rotura, esta se reduce mientras se incrementa la densidad aparente y reduciendo el grado de soldadura. (Almeida, 2014)

Table 4 Efecto de la densidad aparente en la resistencia a la flexión



2.4.7 Resistencia al fuego

Al estar conformado por polímeros o por copolímeros de estireno que tienen hidrocarburos con un bajo punto de ebullición que, utilizado como agente de expansión, todos estos materiales son combustibles.

Durante el proceso de transformación el agente de expansión se comienza a volatilizar poco a poco. El residuo equivalente al 10% necesita ser almacenado temporalmente dependiendo de la densidad, dimensiones y demás características del producto. Si se manipulan los materiales sin este proceso de almacenamiento se deben tomar medidas contra posibles incendios.

Si se expone al polímero a una temperatura mayor a 100° C el EPS comienza a reblandecerse gradualmente y a contraerse, si se incrementa todavía más la temperatura el material comienza a fundirse. Si se lo deja expuesto a esa temperatura por un tiempo el EPS fundido comienza a emitir productos de descomposición en forma gaseosos que son inflamables. (DAVSA, 2005)

En caso de que no exista un foco de ignición los productos que sean de descomposición térmica no se inflamaran hasta que estén expuestos a una temperatura entre los 400 o 500° C. En caso, de darse la amplitud y como se desarrolle el incendio va a depender, aparte de su duración e intensidad, de que características propias tengan las materias primas que se utilizaron para producir el poliestireno expandido, si es que fue un estándar (M4), o si es auto extingible (M1)

2.5 Ventajas del Poliestireno Expandido

Como se trata de un material con características de aislamiento térmico le provee de un gran ahorro de energía al edificio, que se gastaría en su climatización. Además de tener un buen nivel de protección contra el ruido. Otras de sus ventajas más importantes son las siguientes:

- Amortiguar impactos
- Alta resistencia al envejecimiento
- Es un material ligero
- Alta resistencia mecánica
- Alta resistencia al agua
- Resistencia Química

- Funciona como aislante térmico
- Es aislante acústico
- Fácil de Manipular
- Resistente al fuego al no inflamarse por chispas o escorias candentes.
- Fácil instalación
- Es higiénico, no se pudre, no le crece moho.

2.6 Uso del Poliestireno Expandido

Se utilizan los geobloques como relleno y para afirmar terrenos inestables, son una muy buena solución para construir terraplenes, para rellenos de estribos o de taludes, o cualquiera necesidad que haya para mejorar las propiedades del suelo. Para Horvath, se pueden usar específicamente como material de relleno ligero, como un aislante térmico, para inclusión comprensible. (Ardila & Castañeda, 2010)

En el caso de darle uso como relleno ligero, gracias a que el EPS es un material liviano, su peso por metro cúbico es unas cien veces menor que la del suelo, esto conlleva a que sea el reemplazo perfecto para los terraplenes de los puentes.

Si se lo utiliza para la inclusión comprensible aprovechando la compresibilidad de los bloques para construir profundas cimentaciones además de estructuras de contención. También se pueden utilizar en cimentaciones superficiales que estén sobre suelos expansivos. (Syracuse University Syracuse, 2018)

En caso de darle uso para control de vibraciones de altas frecuencias y de amplitudes bajas debido a lo prácticos que son para ello gracias a sus cualidades amortiguadoras. Colocar bloques en una estructura de pavimento podría causar una disminución considerable de las vibraciones que provocan los autos.

El uso como aislante térmico fue el primero que se le dio a los bloques EPS, se los colocaba debajo de la estructura del pavimento para impedir que se congelen sus capas, esto se debe a que en parte está compuesto por aire y a su baja permeabilidad, esto evita que el agua se migre a la parte superior de la estructura y se congele ahí. Para la venta destinada a obras civiles se encuentran los siguientes tamaños: 100 cm ancho; 200 cm largo con 50 cm grosor. Con densidades entre 15 y 30 Kg/m³.

2.6.1 Cimentación

Podemos definir la cimentación como un conjunto de elementos de una edificación que tiene el objetivo de transmitir al terreno las acciones que provienen de la estructura. El diseño que tenga va a variar en base a la naturaleza del terreno y a las cualidades del edificio. (Mapfrere, 2013)

La cimentación tiene como meta transmitir al terreno las cargas que afectan a la estructura por lo cual se tienen dos tipos de cimentación. El primer tipo de cimentación es para estructuras que sean sencillas, que se basen en muros de carga. Es posible utilizar las cimentaciones de tipo ciclópeas, que consisten en utilizar sillares de piedra o de hormigón en masa, sin ninguna armadura, es recomendable al menos ponerles un armado mínimo en la cara inferior para que pueda soportar tensiones causadas por: asientos diferenciales, atados, arrostramiento, defectos en el hormigón, etc. Caso contrario se usa hormigón armado.

Existen tres clases principales de cimentación. Las comunes, las que son anclajes, y los muros – pantalla. Las cimentaciones comunes son las que envían al terreno el esfuerzo para la compresión y momentos flectores que se separan para atender su profundidad. Los anclajes en cambio envían tensiones de tracción, mientras que los muros-pantalla se utilizan para contener tierras cuando se excavan sótanos. Estos últimos se los considera como una clase de cimentación a pesar de que no se transmite

ningún esfuerzo al terreno.

2.6.2 Alivianamiento de estructuras

Mientras los métodos para la construcción han ido evolucionando se ha vuelto cada vez más fácil realizar los cálculos para las estructuras y junto a ello se comenzó a crear conciencia sobre la preservación de los recursos. Estas fueron las causas que motivaron a la industria a que creara sistemas para el alivianamiento. (POLIEXPANDIDOS CIA, 2004)

Se usan los bloques de poliestireno como rellenos pasivos debido a su estabilidad dimensional, su rigidez y poder resistir la compresión que afecta a la construcción. Al referirnos al método de construcción con el alivianamiento tradicional, se debe primero de explicar cuál es la necesidad que tienen, en otras palabras, que los tramos más largos y que tienen mayores cargas muertas en el diseño es el motivo para que se necesiten mayores espesores de losa, de tal forma que se satisfaga los límites de deflexiones, cabe mencionar que al incrementarse el espesor también se incrementa la carga muerta y se vuelve parte de la carga del diseño. (Villacís, 2018)

Según el ingeniero Andrés Bazurto estudiar las columnas, los suelos, las losas y las vigas de las construcciones para que sean utilizados correctamente y de esta forma reduzcan la probabilidad de que algún sismo dañe la construcción. Por esta razón las construcciones en Ecuador buscan reducir las cargas que afectan a las estructuras utilizando materiales que sean livianos. (El Diario, 2017)

2.6.3 Suelos Compresibles

Podemos definir la compresibilidad del suelo como el grado en el cual una masa

del suelo se reduce a su menor volumen posible debido al peso de la carga. La compresibilidad es ínfima cuando se tratan de suelos de textura gruesa ya que estos están compuestos de partículas de contacto. (FAO, 2012)

Los suelos compresibles se originan debido a que existe una alta concentración de materia orgánica y de minerales de montmorillonita. Se los identifica revisando el contenido de agua natural, la relación de vacíos, el índice de compresibilidad y los límites de plasticidad. (Guerrero, 2017)

La compresibilidad tiene una estrecha relación con el índice de plasticidad, a mayor sea el índice de plasticidad mayor será la compresibilidad del suelo. El índice de plasticidad representa la dimensión del intervalo de variación de la humedad que requiere el suelo para mantenerse plástico. Este índice se basa en la cantidad de arcilla que existe y muestra que tan fino es el suelo y su habilidad para ser modificado sin que su volumen varíe. Si el índice de plasticidad es grande entonces hay un exceso ya sea de arcilla o de coloides en el suelo. En caso de que el límite de plasticidad sea mayor o igual al límite líquido de $I_p=0$.

La compresibilidad del suelo se incrementa mientras aumenta la cantidad de partículas pequeñas hasta alcanzar su mayor valor posible con el caso de los suelos de grano fino, cuando contienen materia orgánica. Algunos ejemplos de compresibilidad son: Gravas y arena, al comprimirse una masa húmeda de estos componentes no cambian de manera relevante el volumen, la arcilla, al comprimir una masa húmeda de arcilla se pueden expeler tanto el aire como la humedad contenida, esto lleva a que se reduzca el volumen y se vuelve irre recuperable una vez eliminada la carga.

Los suelos que son de grano fino contienen al menos un 50% de limo y arcilla, estos se pueden clasificar en tres tipos de compresibilidad dependiendo de su base sobre

el límite líquido. Los suelos de este tipo se dividen en compresibilidad baja, compresibilidad media y compresibilidad alta. La baja tiene un límite líquido menor a 30, la media tiene un límite líquido entre 30 a 50 y la de compresibilidad alta un límite líquido mayor a 50.

2.6.4 Carreteras y Terraplenes

Debido a su alto nivel de resistencia a la compresión de los bloques de EPS, tienen la capacidad de resistir las cargas que tienen las autopistas y las carreteras secundarias.

Ilustración 5 Geobloques en carreteras



2.6.5 Pilar y Aproches para Puentes

Utilizar bloques de EPS reduce el costo de construir losas para puentes y sus respectivos costos de mantenimiento en el largo plazo. También se ven reducidas las fuerzas laterales en la cimentación al compararlo con relleno de terraplén tradicional.

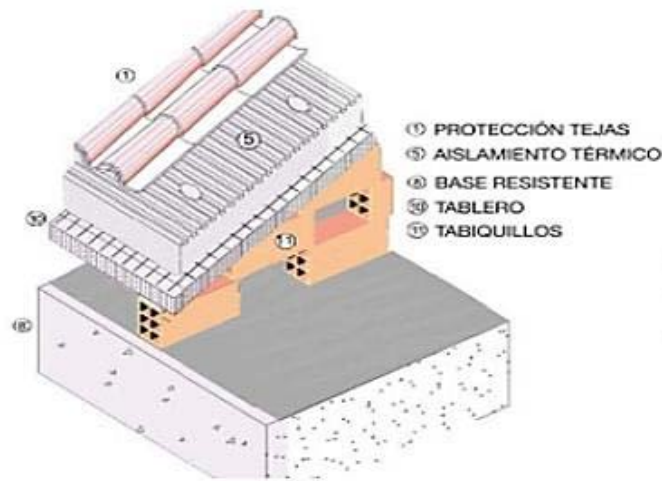
Ilustración 6 Geobloques en Puentes



2.6.6 En Cubiertas

Las cubiertas son la parte de las construcciones que sufren un mayor esfuerzo debido a que están expuestas al calor, al frío, humedad, sequedad, nieves, precipitaciones, la afectan en su exterior, mientras que la humedad también la afecta en el interior de manera simultánea. Al diseñar y escoger los materiales para construir la cubierta se deben tener en cuenta todos estos aspectos y prepararlos para enfrentarse a estas condiciones. Se puede utilizar plástico para proteger la cubierta, como membranas impermeables, capas aislantes, bandas de sujeción inferiores, tuberías para bajantes, barreras de vapor, entre otros.

Ilustración 7 Geobloques en cubiertas

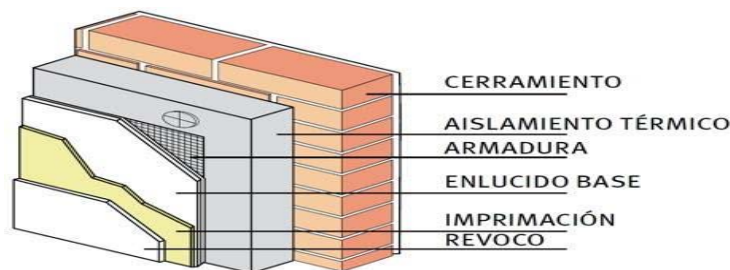


2.6.7 Paredes y Fachadas

Las paredes son al mismo tiempo un elemento protector y portante. Sirve para proteger el espacio contra los efectos negativos de los cambios fuertes de la temperatura, también contra el ruido.

El aislamiento térmico se lo obtiene con materiales aislantes, como los que están hechos a base de EPS. Para alcanzar un aislamiento exterior idóneo, se debe instalar una capa de EPS en las afueras de la fábrica de ladrillo portante para protegerla contra la intemperie mediante un revoque armado especial o con una capa ventilada. Otro método de aislamiento consiste en el revoque aislante, y usarlo como capa continua añadiendo partículas de EPS que han sido pre-expandidas como material ligero para relleno.

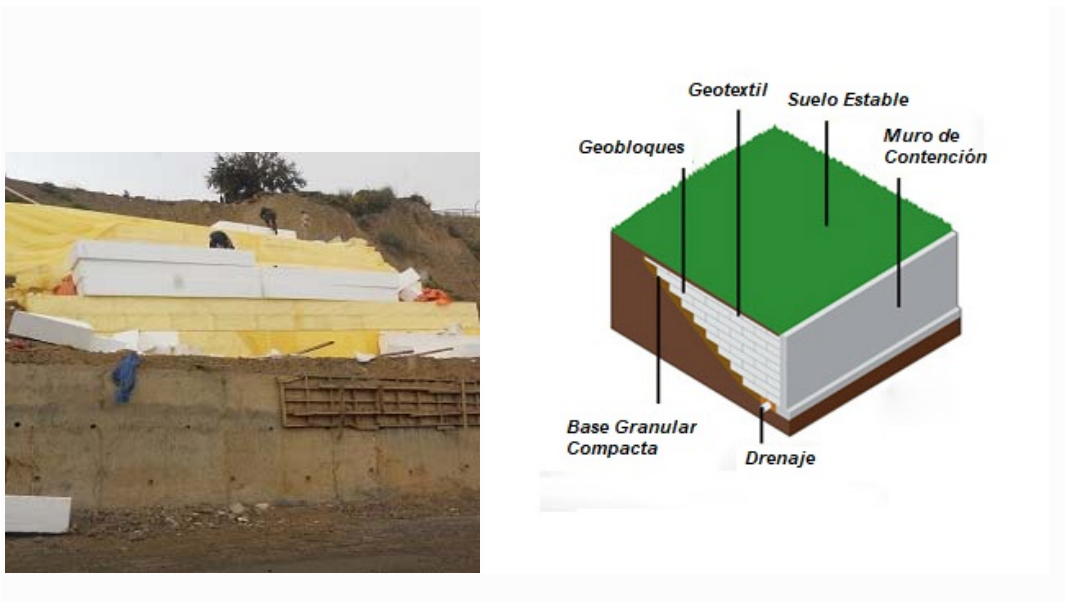
Ilustración 8 Geobloques en paredes



2.6.8 Muros de Contención

Los bloques de EPS se pueden utilizar para rellenar la parte detrás de los muros de contención y para reducir las presiones laterales en las estructuras que están enterradas. Por la presión horizontal proporcional al peso que se ejerce en el muro el tipo de material que se usa para su relleno en la zona activa es reemplazado por bloques de EPS, por lo que la estructura del muro se vuelve mucho más ligera y su precio es menor.

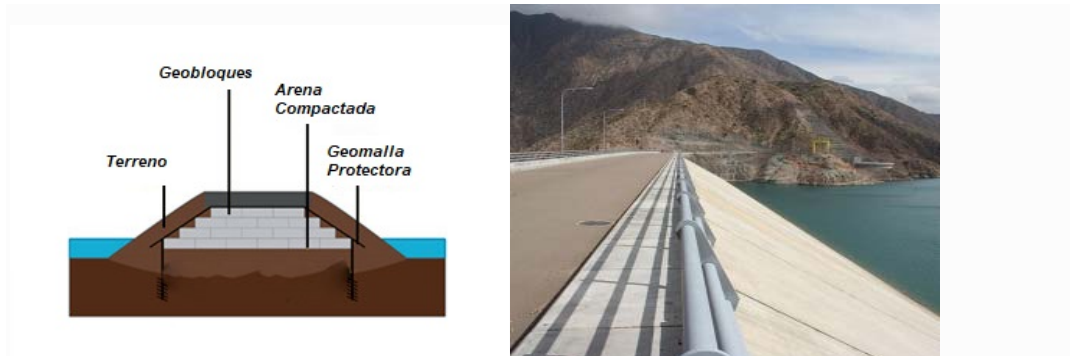
Ilustración 9 Geobloques en muros de contención



2.6.9 Diques

Los bloques de EPS son fáciles de colocar para conseguir el volumen idóneo para un dique. Rellenar con EPS reduce bastante e incluso puede llegar a eliminar completamente la tensión adicional y el ciclo de asentamiento en la base del dique.

Ilustración 10 Geobloques en diques



2.6.10 Paisajismo

El paisajismo es una rama de la arquitectura en donde se utiliza el espacio abiertos y todos sus elementos, buscando crear una relación entre lo biótico y lo abiótico, aprovechando la lógica y la estética, en ella se emplea la biología, el urbanismo ecológico y la arquitectura, para obtener un resultado idóneo para la naturaleza. (Oropeza , 2004) Dentro de este marco se pueden utilizar los bloques de EPS para modificar la topografía de los terrenos sin que se agreguen cargas considerables sobre las capas inferiores del suelo, además que se pueden colocar en poco tiempo, lo que disminuye los costos de la construcción.

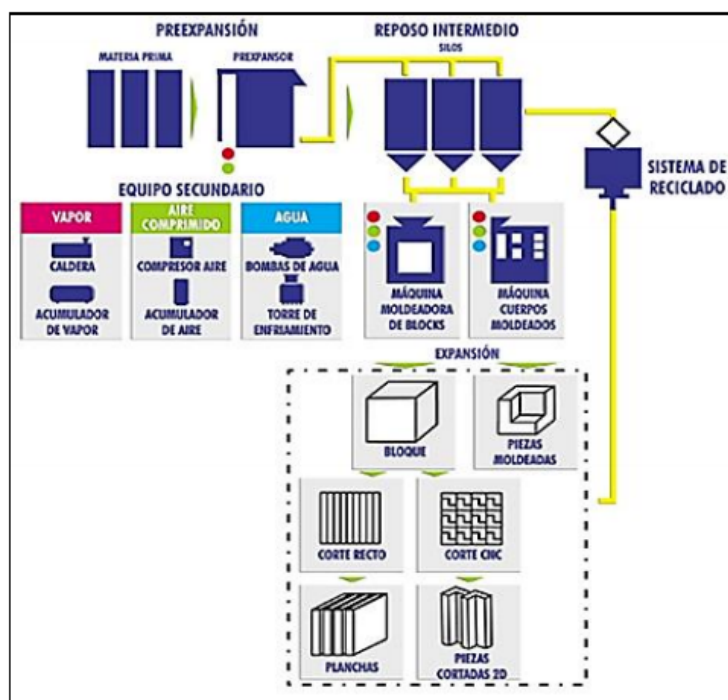
Ilustración 11 Geobloques en paisajismo



2.7 Proceso de fabricación de bloques de poliestireno expandido.

El proceso está conformado de tres fases: Pre-expansión, Estabilizado y finalmente, Expansión y Moldeo

Ilustración 12 Esquema de Transformación del Poliestireno Expandido (EPS)



2.7.1 Pre Expansión

Primero se toman granos de poliestireno cuyo tamaño varíe entre 3 y 0.2 mm, se los calienta en máquinas expansivas utilizando gas pentano y vapor de agua que esté a una temperatura entre los 80 y los 110° C. De esta forma el volumen de poliestireno aumentará hasta unas 50 veces su volumen original, manteniendo su bajo peso y alta porosidad. Mientras se lleva a cabo el proceso los granos de poliestireno deben ser agitados de manera continua.

En este paso se define la densidad que tendrá el bloque, esta depende del tiempo de exposición y de la temperatura a la que sea expuesto. La densidad aparente del bloque se reduce de 630 kg/m^3 a una densidad que varía entre 10 a 30 kg/m^3 .

Al concluir la fase de pre expansión los granos que fueron expandidos son puestos a enfriar y a secar para luego ser llevados mediante los ductos hasta los silos.

Ilustración 13 Máquina de pre-expansión



2.7.2 Reposo Intermedio y Estabilización

En la segunda fase se deja reposar los granos expandidos por 24 horas. Una vez se han enfriado las partículas que fueron expandidas se crea un vacío dentro de los granos el cual se debe compensar penetrándolo con aire por medio de difusión, para que las perlas logren una mejor estabilidad mecánica y tengan una expansión más efectiva. Esto trae beneficios para la siguiente fase.

Durante esta fase el material pre-expandido está en un reposo intermedio en los silos, bajo ventilación, mientras se están secando las perlas.

Ilustración 14 Silos de Curado



2.7.3 Expansión y Moldeo

En la tercera y última fase las perlas que fueron pre-expandidas y estabilizadas son movidas a moldes para ser expuestos una vez más al vapor de agua para que las perlas se sueldan entre ellas. Esto provoca que las perlas se carguen en un molde con agujeros en el fondo, encima, y a los lados, de esta forma puede circular el vapor. Las perlas comienzan a ablandarse, el pentano termina por volatizarse y vuelve a entrar por las cavidades. Por ello las perlas comienzan a expandirse y se empaquetan volviéndose un bloque sólido, ya que están comprimidas dentro del volumen del molde.

En esta fase hay diversas opciones, entre las que se escoge la forma que tendrá el bloque. Se lo puede moldear como un bloque de gran tamaño para luego cortarlo en planchas utilizando alambres calientes.

2.8 Especificaciones Técnicas para la Utilización de Bloques de Poliestireno Expandido (EPS)

Los requerimientos presentados deben ser cumplidos por los bloques EPS que soporten cargas, según la Norma ASTM C758-12b “Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation”.

Table 5 Tipos de Ensayos necesarios para que los bloques de Poliestireno expandido puedan ser usados en construcción

Nº	ENSAYO	ENSAYO DE APTITUD	CONTROL PROPIO	ENSAYO DE CONTROL
1	Escuadrado		X	X
2	Exactitud dimensional		X	X
3	Densidad aparente	X	X	X
4	Resistencia a la compresión	X	X	
5	Resistencia a la flexión	X	X	
6	Absorción de agua	X		

2.8.1 Calidad

Deben tener una excelente soldadura de sus partículas, su espesor y estructura debe ser uniforme y sus aristas rectas y paralelas entre sí.

2.8.2 Dimensiones

Los bloques de EPS tienen unas dimensiones de 1,0m *0,5 *4,0m. Diferentes tamaños a estos están permitidos, se pueden desviar hasta un máximo de 500mm en las coordenadas x, y o z y 3mm en cada medida aislada.

Table 6 Dimensiones comunes de bloques EPS

Dimensiones	Pulgadas	Milímetros
Ancho	12 a 48	305 a 1219
Largo	48 a 192	1219 a 4877
Espesor	3/8 a 24	9,50 a 610

2.8.3 Medidas Precisas

Acorde a la Norma ASTM C758-12b, Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation, las medidas de los bloques se pueden desviar hasta $\pm 2,5$ mm/m de longitud, $\pm 5,0$ mm/m de ancho y $\pm 59,5$ mm/m de espesor. En el caso que el material tenga menos de una pulgada de espesor, su tolerancia no podrá pasarse de 1,5 mm.

2.8.4 Densidad Aparente

La densidad de los bloques EPS al estar seco debe ser mayor a su densidad aparente prescrita. Los valores aislados de la densidad no deberían variar más del 10% comparados con los valores menores.

Table 7 Cantidades mínimas de densidad para bloques EPS

Tipo	Densidad min. lb/ft³	Densidad min. Kg/m³
XI	0,70	12
I	0,90	15
VIII	1,15	18
II	1,35	22
IX	1,80	29
XIV	2,40	38
XV	3,00	48

2.8.5 Compresión

La resistencia a la compresión en caso de una deformación vertical no debe ser varias más del 10% menos del valor promedio dependiendo de la densidad aparente del bloque EPS.

Table 8 Resistencia a la compresión dependiendo de su densidad aparente

Tipo	Densidad Kg/m³	Resistencia a la Compresión mín. con una deformación del 10% (psi)	Resistencia a la Compresión mín. con una deformación del 10% (KPa)
XI	12	5	35
I	15	10	60

VIII	18	13	90
II	22	15	104
IX	29	25	173
XIV	38	40	276
XV	48	60	414

El cociente de resistencia a la compresión del bloque, y la deformación que corresponde es el módulo de la elasticidad, este aumenta de manera proporcional a la densidad del bloque.

2.8.6 Flexión

La resistencia del bloque a la flexión dependerá de su densidad aparente. Las cantidades puedes variar hasta un 10% menos del promedio.

Table 9 Resistencia a la Flexión en Función de la Densidad Aparente

Tipo	Densidad Kg/m³	Resistencia a la Flexión mín. (psi)	Resistencia a la Flexión mín. (KPa)
XI	12	10	70
I	15	25	173
VIII	18	30	208
II	22	35	240
IX	29	50	345
XIV	38	60	414
XV	48	75	517

2.8.7 Absorción

El nivel de absorción de los bloques no debe ser mayor al 7% del volumen después de 7 días de haber estado inmerso.

Table 10 Absorción de agua por total en función de la densidad aparente.

Tipo	Densidad Kg/m³	La absorción de agua por total inmersión, máx. (% en volumen)
XI	12	4,0
I	15	4,0
VIII	18	3,0
II	22	3,0
IX	29	2,0
XIV	38	2,0
XV	48	2,0

2.9 Principios para instalar bloques de EPS

Para rellenar utilizando bloques de EPS se los debe colocar sobre el nivel freático promedio. De preferencia que sea en una inundación, considerando el empuje hidrostático. Para que se impida la acumulación de agua se debe tener un buen sistema de drenaje, principalmente cuando los terrenos estén en una pendiente.

2.9.1 Lecho Soporte

Los bloques de EPS tienen que tener su primera capa soportada en toda la superficie, para lograrlo se necesita que la capa que lo soporta sea completamente plana. Dependiendo del suelo y de la maquinaria los preparativos para el soporte del bloque deben tener una capa compensatoria hecha de arena con un nivel de ± 1 cm en 4 m.

Ilustración 15 Geobloques en lechos de soporte



2.9.2 Montaje

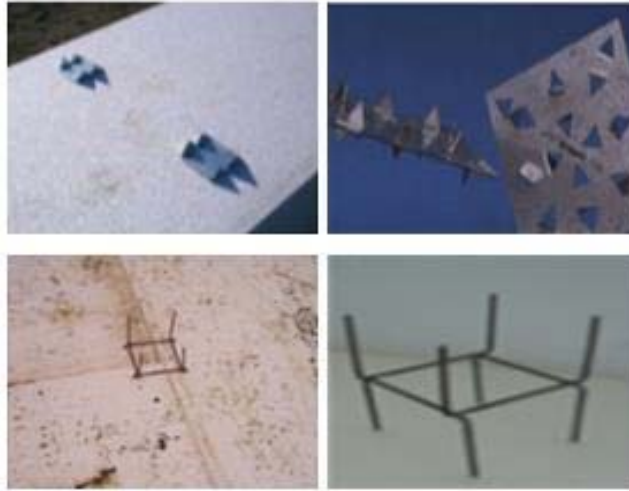
Para montar los bloques de EPS se debe seguir un plan de colocación apoyándolos en toda la superficie sin que queden lugares vacíos ni espacios intermedios que rompan juntas. Al unir las juntas estas deben tener al menos una distancia de 0,5 mm. En la periferia hay que verificar que los bloques de EPS sean enteros. Cuando se cortan los bloques para que se adapten o para rebajarlos se lo debe hacer frente a la obra de construcción. Estos mismos bloques se los ubica en las zonas interiores.

Ilustración 16 Colocación y Corte de Bloques de EPS In Situ



Rellenar con bloques EPS se debe tener al menos dos capas excepto en las zonas de transición y zonas perimetrales. En caso que se quiera impedir que suceda un deslizamiento de los bloques de EPS, se debe acoplar los elementos de fijación o de pegado puntual con un adhesivo con base de poliuretano. Mientras la construcción esté en proceso se debe extraer agua por bombeo hasta llegar al peso idóneo que evite que flote.

Ilustración 17 Ensamblaje de bloques de EPS mediante garras.



2.9.3 Construcción de la Fijación en los Bloques de EPS

Usualmente se debe añadir una capa distribuidora para las cargas en cada bloque de EPS, y usar como superficie su base plana de colocación. Esta sirve para la función de cobertura. Su carga del tráfico tolerable durante la construcción debe estar basado en los espesores del sector en específico.

Repartir de manera efectiva las cargas se obtiene con una losa de espesor de 8 cm hecha de hormigón reforzado en su centro fabricado al pie de la construcción. Otra opción para la losa hecha de hormigón es usar otras capas reforzadas. En el caso de que los bloques de EPS sean demasiado gruesos, es posible cambiar las capas compactadas que distribuyen las cargas, ya que el tráfico directo sobre los bloques de EPS no se permite.

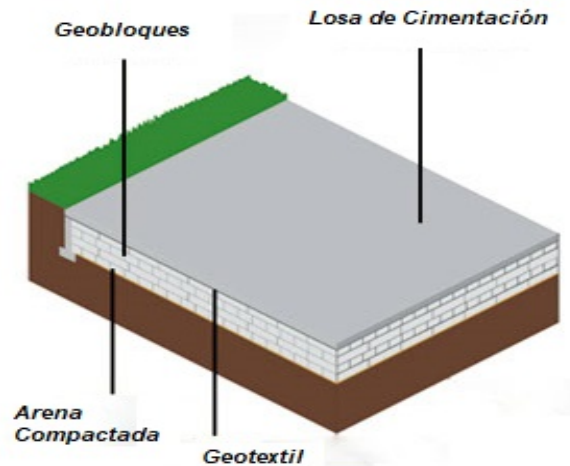
Ilustración 18 Colocación de geobloques



2.9.4 Protección de Bloques

Para proteger los bloques de EPS contra los agentes externos se debe asegurar con la superestructura que está sobre ellos. En el caso de productos químicos se necesitan bandas impermeabilizantes que estén bajo la tierra.

Ilustración 19 Protección para los geobloques



2.9.5 Vida Útil

El material de los bloques de EPS es completamente reutilizable para hacer nuevos bloques y para producir otros tipos de materiales. También, debido a su nivel alto de poder calorífico, no contiene gases del CFC, es seguro de incinerar en plantas de recuperación energética. No se recomienda verterlo en rellenos porque el poliestireno no es un material que se degrada con facilidad, esta puede demorar entre unos meses hasta 500 años, dependiendo del tamaño y de la forma del producto de poliestireno expandido y del ambiente en que esté ubicado.

Para poder reciclar el poliestireno expandido existe una técnica usada desde hace varios años, esta técnica radica en hacer pedazos de manera mecánica el material para luego mezclarlo y para fabricar nuevos bloques de EPS, con un máximo del 50% de poliestireno reciclado. Además de este existen otros métodos de reciclaje, por ejemplo, la densificación mecánica que utiliza energía mecánica y térmica en los espumados y los convierte en partículas compactas que son fáciles de transportar. También se está trabajando en técnicas que logren disolver los espumados en disolventes para que así sean mucho más fáciles de transportar para luego reprocesarlos.

2.10 Agregados

2.10.1 Definición

Se conoce como agregados o áridos a las materias primas minerales que se extraen de las canteras, de las graveras o en los ríos. Estos son arenas, gravas u otros materiales que están formados de partículas pétreas, su tamaño varía y son comúnmente usados en la construcción. Que tan valiosas sean dependerá de cómo se realice su extracción y transporte, siempre será de preferencia tener una cantera cercana a la obra que se esté realizando. Su función principal es servir como un esqueleto, gracias a que ayudan a estabilizar el volumen. Mientras más agregados se utilicen mayor estabilidad proveerá.

2.10.2 Historia del Uso de Agregados

El uso de agregados se remota a siglos atrás, a pesar que no existen registros específicos de ello algunas de las construcciones de aquella época todavía perduran hasta el día de hoy, como las pirámides del antiguo Egipto o las grandes catedrales de la Europa de la Edad Media. La extracción de aquella época probablemente era con picos y palas para luego poder ser tallada por los artesanos y que puedan ser utilizadas en la construcción.

Se comenzó a extraer agregados desde la edad de piedra, se utilizaban piedras de los ríos para fabricar herramientas o armas luego de haberlas tallado. Los agregados son de los materiales que más usa la sociedad, a pesar del tiempo siguen teniendo usos importantes ya que se ha ido desarrollando junto a la tecnología a tal punto que es el segundo material que más consume el ser humano después del agua. (ANEFA, 2006)

2.10.3 Clasificación de Agregados

Los agregados se pueden clasificar de diversas formas, por el tamaño de los granos, por su lugar de procedencia, por su método de obtención, por su composición química, entre otros. Se analizarán los principales.

Según su método de obtención: Puede ser obtenido directamente de la naturaleza, de algún yacimiento mineral, ya sea en un río o una playa. De esta clase hay dos tipos de agregado, el granular y el triturado.

El agregado granular tiene aristas redondas y su superficie es muy lisa, esto ayuda a que se acople fácilmente a cualquier tipo de envase, lo que las hace muy cómodas de manejar y de instalar en la obra.

Ilustración 20 Agregado Granular



El agregado triturado se consigue de las canteras, después de ser extraído se lo tritura, sus aristas son angulosas para que tengan mayor rozamiento entre ellos, lo que le provee una mejor resistencia a la compresión.

Ilustración 21 Agregado triturado



Se lo llama granulado artificial cuando se le ha infundido una modificación físico-química, puede venir de los suelos de arcilla y arena, de escorias de procesos siderúrgicos o metalúrgicos, o de residuos de incineraciones, a pesar de ello tienen las condiciones necesarias para ser usados como agregados.

Ilustración 22 Agregado Artificial



También se puede utilizar materiales reciclados como agregado que ya fueron usados por otras construcciones. Este tipo de agregado se utiliza de los escombros y demoliciones de otras construcciones. Antes de ser usados como agregado se les debe someter a un proceso de selección, de tamizado y de lavado. Se recomienda este tipo de agregados para productos que sean prefabricados, para pavimentos o para cimientos de estructuras.

Ilustración 23 Agregado Reciclado



La clasificación según su estructura pétreo tiene tres grupos: los agregados sedimentarios, los metamórficos y los ígneos.

Los sedimentarios provienen de rocas sedimentarias. Estas son rocas que, por fenómenos de alteración, por transporte y sedimentación han desarrollado una roca con las mismas características que la roca madre o han alterado sus propiedades físico-químicas por los fenómenos de alteración, este tipo de agregados se encuentran en el mar, en las orillas de los ríos o lagos, en los valles y al fondo de barrancos.

Los agregados metamórficos son los que se obtienen de rocas metamórficas. Estas rocas tienen una composición y una textura que fue modificada por haber sido expuestas a grandes presiones y temperaturas, esto sucede cuando las rocas se encuentran en estado sólido, en ningún momento se funden.

Los agregados ígneos provienen de las rocas ígneas. Estas se crean luego de que se enfríen y se solidifique el magma, estas son de las que más se usan en la construcción gracias a su gran resistencia y peso.

2.10.4 Usos de los Agregados

Los usos que se le den a los agregados serán en base a sus propiedades físico-químicas, las propiedades geológicas, litológicas, resistencias contra cargas y vibraciones, de preferencia debe encontrarse un lugar de extracción cercano al proyecto donde se lo va a utilizar. Los principales usos para los agregados son las siguientes

Se utilizan agregados para construir calles, autopistas, carreteras y puentes. Sirven para hacer las capas de la base y de la sub-base, además del asfalto al mezclar áridos con derivados del petróleo. Para la construcción de paredes ya sean de bloques prefabricados o de ladrillos que se fabrican al mezclar 1,3 toneladas de áridos en un mortero.

Los agregados también se utilizan para producir hormigón, mezclando agregados con cemento, agua y otro aditivo. Para obtener 1 m³ de hormigón se necesitan entre 1.8 y 1.9 toneladas en agregados. Este compuesto es usado en elementos estructurales como vigas, pilares y cimientos además de elementos prefabricados como tuberías, adoquines y pavimento.

El balasto es un agregado que presentan una alta resistencia y se pueden utilizar para soportar las durmientes de las vías de los ferrocarriles. Aparte que las durmientes suelen estar hechas de hormigón.

La escollera es un agregado que presenta grandes dimensiones, de al menos un metro y con un peso de varias toneladas. Se lo utiliza en los puertos, en carreteras como un elemento de contención o de protección. Finalmente, se lo pueden utilizar como rellenos para obras de construcción, en estos casos se usa principalmente el material de reemplazo.

2.10.5 Propiedades de los Agregados

Propiedades Químicas: Los agregados mantienen su composición a base de minerales de la roca de la que provienen, normalmente son inertes debido a que no producen ningún tipo de relación con los otros constituyentes. A pesar de ello desde el año 1946 se han visto reacciones químicas en algunos agregados al usarse en concreto. La única reacción química que se conoce que tiene un beneficio para el agregado se llama Epitaxia, esta reacción ayuda a aumentar la adherencia entre los agregados calizos y la pasta de cemento.

Propiedades físicas: los agregados poseen granulometría que es la medida que tienen las partículas y su distribución dentro del agregado. Se lo calcula por medio de un análisis granulométrico en donde se pasa el agregado por un grupo de tamices

estándares, en orden de mayor a menor. Estos tamices se los ubica dependiendo de su uso.

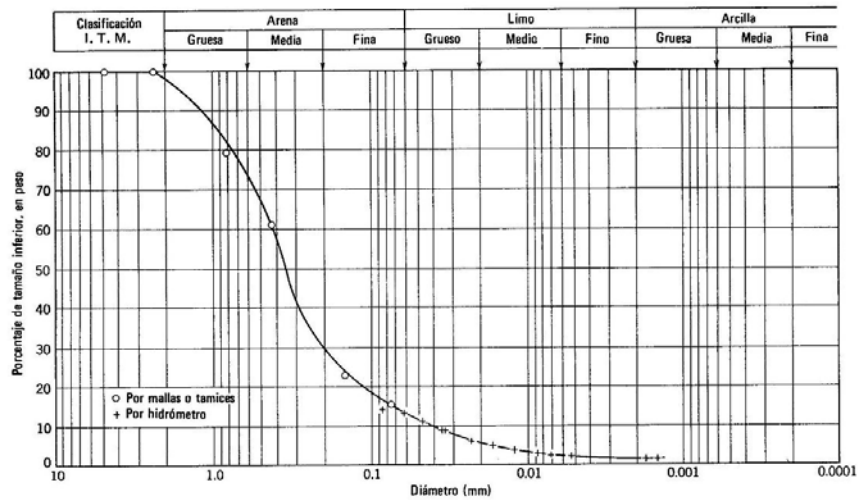
Ilustración 24 Máquina de Pruebas Granulométricas



Para este proceso se debe seguir la norma NTC No.77 donde se explican las dimensiones que deben tener para la prueba granulométrica, los resultados obtenidos se los anota en una tabla donde se muestren los pesos de la muestra, del material retenido en la malla, el porcentaje del material retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que logre pasar.

Una buena manera de visualizar los resultados del análisis granulométrico es recomendable graficar una curva granulométrica, en donde se representa el porcentaje que atraviesa los tamices en una escala aritmética, la abertura de los tamices en escala logarítmica o aritmética. Si la curva está tendida esto muestra que el agregado está bien gradado siendo esta densa o cerrada, esto significa que los espacios entre sus partículas son ínfimos, no hay exceso ni déficit en su tamaño. Por otro lado, si la curva tiene una forma vertical es posible que el agregado esté mal gradado, siendo está abierta y con muchos espacios huecos en el material.

Ilustración 25 Grafico Curva Granulométrica



Del análisis granulométrico se pueden conocer diversas características del agregado aparte de sus dimensiones y su cantidad de material, estas serán luego utilizadas para definir otros aspectos del diseño del agregado.

Tamaño Máximo: Lo definimos como la abertura de menos tamaño en el tamiz y que cede el paso de toda la muestra. Este valor es el tamaño de la partícula de mayores dimensiones de las muestras.

Tamaño Máximo Nominal: Lo definimos como la abertura del tamiz mayor al porcentaje acumulado retenido si es mayor al 15%, muestra la media de las partículas más grandes en la masa del agregado. Cabe mencionar que en el análisis granulométrico el tamaño máximo y el tamaño máximo nominal no suelen ser el mismo valor. Por ello siempre se debe especificar a cuál se están refiriendo.

Módulo de Finura: Este valor sirve para dar una estimación de que tan fino es el material, lo definimos como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes acumulados en los tamices al realizar el análisis de la granulometría. Y Además se puede calcular el porcentaje de finos que es el porcentaje de la muestra que atraviesa el tamiz.

Las partículas del agregado tienen diversas formas, para establecer que forma tienen se debe conocer ciertos aspectos:

Redondez: Se refiere a la forma del filo de la partícula, si esta tiene aristas que están bien definidas les llamamos angulares, en cambio si sus aristas están gastadas por rozamiento o erosión del agua se les llama partículas redondeadas.

Esfericidad: Es la relación que tiene el volumen con el área, es menor cuando las partículas son esféricas y mayor en partículas planas y largas.

Cuando se refiere a la forma de las partículas se utilizan dos términos que se refieren a la redondez y a la esfericidad de las partículas.

Textura: Esta característica proviene de su roca madre y es de la que depende el nivel de adherencia que tenga el agregado y de que tan fluidas sean las mezclas de concreto. Dependiendo de la textura se puede concluir si el agregado es liso, pulido o áspero. La textura tiene relación directa con la forma, el tamaño, la dureza y la estructura de la roca original.

Densidad: En esto se basa directamente la roca madre del agregado, la densidad se puede definir como la relación del peso con el volumen de una masa. En este caso las partículas del agregado contienen minerales por lo cual los espacios y poros pueden estar vacíos, un poco saturados o llenos de agua, dependiendo de la permeabilidad interna, por lo que se debe hacer una disyunción entre los tipos de densidad de los que se habla. La densidad absoluta es la relación entre el peso de los agregados y el volumen de sus partículas sólidas. Mientras que la densidad nominal es la relación entre el peso del agregado con el volumen de las partículas incluyendo los poros no saturables.

Propiedades mecánicas: Los agregados se usan principalmente en obras de construcción donde es necesario que el material tenga una resistencia adecuada para soportar las cargas a las que será sometida por lo cual deben ser puestas a pruebas de

resistencia antes de darle ese tipo de uso. Su resistencia siempre va a depender de la roca madre de la que provenga el agregado, pero esta puede verse afectada por la extracción y trituración del material.

La tenacidad es un tipo de resistencia que tiene el agregado contra los impactos, es una de las clases de resistencia más importantes que debe tener el agregado, caso contrario podría afectar su granulometría y por lo tanto la obra a construirse.

La adherencia que tienen los agregados es el poder que tiene de aglutinarse el agregado con el material cementante, esta dependerá del tamaño, textura y formas de las partículas. No hay un medio exacto para calcular la adherencia del agregado con el cemento, pero con el asfalto si, utilizando una norma británica donde se calcula el grado de amarre del asfalto con los agregados a utilizarse.

Las fórmulas para cada una se detallan a continuación:

Densidad Absoluta:

$$Da = \frac{Ps}{Vm - Vv}$$

Donde:

Da: Densida Absoluta

Ps: Peso del Material Seco

Vm: Volumen de la Masa

Vv: Volumen de vacíos

Densidad Nominal

$$Dn = \frac{Ps}{Vm - Vvs}$$

Donde:

Dn: Densida Nominal

Ps: Peso de la muestra seca

Vm: Volumen de la muestra

Vvs: Volumen de poros saturables

Además de las ya mencionadas está la densidad aparente, que se define como la relación entre el peso y el volumen de las partículas incluyendo todos sus poros los que son saturables y los que no son saturables.

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{Ps}{Vm}$$

Donde:

Ps: Peso de la masa seca

Vm: Volumen de la masa

En la Norma NTC No. 237 se establece manera para determinar las densidades de los agregados finos mientras que en la No. 176 se establece como obtener las densidades de los agregados gruesos. La densidad aparente de los agregados va estar en base su composición mineralógica y de cuantos poros haya. En promedio su valor varía entre 2.30 g/cm³ y 2.8 g/cm.

La dureza es la resistencia que tiene el agregado frente al roce y al desgaste diario. Es de los más importantes para agregados que vayan a ser usados en pisos y carreteras. Para calcular la dureza del agregado se utiliza la prueba de resistencia al desgaste de la máquina de Los Ángeles, esta prueba se explica en las normas NTC 90 y 98, en él se considera la gradación y las dimensiones del material, por ende, se debe realizar una granulometría antes de hacer esta prueba. Al haber calculado los porcentajes de desgaste se los compara con el valor de la norma. La dureza del material dependerá de su lugar de procedencia y de su constitución mineralógica.

Porosidad y Absorción: El nivel de porosidad del agregado es una característica que está directamente relacionada con su nivel de adherencia y su resistencia a la

compresión y flexión de sus partículas, también con su resistencia a la congelación, al deshielo y a estar en la intemperie. La porosidad también se relaciona con el nivel para absorber agua u otros tipos de líquidos, su nivel de absorción dependerá de la cantidad y del tamaño de los poros y que tan continuos sean. Dependiendo de su humedad, las partículas pueden tener los siguientes estados:

Ilustración 26 Estados de partículas según su humedad



En el primer caso el material no ha absorbido agua ni agua libre, solo la que es de constitución mineralógica, esta se consigue al exponer al material a temperaturas de 110 ° C en un horno por 24 horas o cuando haya conseguido que el peso sea constante.

En el segundo caso el material contiene algo de humedad, los poros han absorbido agua, este es el material al estar en el medio ambiente.

Para el tercer caso el material ya tiene todos los poros saturados, pero se encuentra superficialmente seco, llega a este estado luego que el material se sumerge por al menos 24 horas se lo seca superficialmente.

En el cuarto caso el material ya está saturado y contiene agua libre lo cual provee a las partículas una película brillante.

Para el cálculo del porcentaje de absorción de los agregados finos y gruesos se utiliza la fórmula de las normas NTC 237 y 176.

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

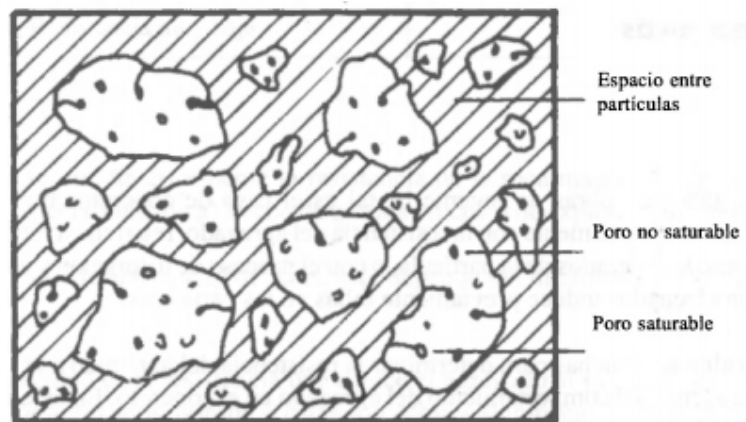
Donde:

P_{ss} = Peso saturado y superficie seca del material

P_s = Peso seco

Masa o Peso Unitario: Lo definimos como la relación entre el peso del agregado y el volumen que ocupan las partículas en el recipiente. En otras palabras, la cantidad de material en el recipiente es acomodado hasta que quede la menor cantidad de espacio entre ellas. Habrá un mayor peso unitario cuando haya más cantidad de material en el mismo volumen, esto dependerá de la granulometría, la textura, la forma y las dimensiones que tenga el agregado.

Ilustración 27 Esquema del peso volumétrico



La masa unitaria puede ser de dos tipos, peso unitario compactado o el peso unitario suelto. El compactado está definido como el peso al estar compactado el material sobre el volumen del material. Determinar la masa unitaria compactada está establecido en la Norma NTC No.92. Con este valor se puede obtener el volumen absoluto del agregado grueso cuando se lo vaya a mezclar con concreto. El peso unitario suelto por otro lado, es la relación que tiene el peso del agregado suelto en reposo y el

volumen que está ocupando. El peso suelto siempre es menor al peso compactado ya que el suelto siempre abarca un mayor volumen. Al manejar el material se debe considerar el peso unitario suelto al momento de trasladarlo ya que en ese momento el material está en estado suelto. Por lo que su volumen al transportarlo siempre será mayor al material que se utiliza en construcción.

Expansión o Abultamiento: También se la llama hinchamiento de la arena, es un aumento en el volumen, para un peso específico en la arena debido a la presión del agua entre las partículas de la arena mientras está con agua libre. Si esta cantidad de agua libre pasa del 5% al 8%, su abultamiento puede aumentar hasta el 20% o 30%. Su nivel de expansión puede llegar hasta el 40% cuando se trata de arenas finas y hasta un máximo del 20% para arenas gruesas. Al incrementarse el contenido de agua libre se reduce la expansión si la arena ya está inundada entonces no hay hinchamiento.

2.11 Material de Reemplazo

El material de reemplazo o piedra partida tiene un color amarillento, su granulometría no es fija al acumularse con los gruesos medianos y finos. Debido a su graduación, contener arcilla y limos, no se lo utiliza para fabricar hormigón. Si el material de reemplazo está muy laminado o astillado es preferible desecharlo, y solo utilizar los que tengan formas piramidales irregulares o sean levemente cúbicos, el material de reemplazo se utiliza principalmente en rellenos y escolleras.

Ilustración 28 Material de Reemplazo



2.12 Uso del Material de Reemplazo como Relleno

Los principales tipos de material de reemplazo son el fino, mediano y el grueso. Se los utiliza principalmente para estabilizar terrenos cuyas características van a ser distintas dependiendo del lugar. El material de reemplazo para utilizarse en rellenos debe estar formado por una mezcla de arena y de grava bastante densa, junto con un material que supere el tamiz No. 200 y que no sea menor al 5% ni sobrepase el 15%.

CAPÍTULO III

3.1 Formulación de la Hipótesis

Para la cimentación comúnmente se utilizan materiales comunes como el material de reemplazo para el alivianamiento. Este material menos duradero en comparación a utilizar bloques de poliestireno expandido por lo que se propone la siguiente hipótesis: “Los bloques de poliestireno expandido son un material mucho más efectivo de alivianamiento para suelos compresibles que el material de reemplazo.”

3.2 Diseño de investigación

La investigación será del tipo descriptiva experimental. Descriptiva ya que se basa en explicar todo lo que concierne a las características, fabricación y usos de los bloques de poliestireno. Experimental debido a que se tomaran bloques de material de reemplazo y bloques de poliestireno y se les realizaran distintas pruebas para comparar las resistencias de cada uno.

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis Comparativo entre el Sistema de Relleno con Bloques de Poliestireno Expandido y el Sistema de Relleno Tradicional.

Se realizó un análisis técnico y económico de ambos sistemas de relleno para la construcción de un edificio de tres pisos con 80 m², sobre los suelos compresibles en la ciudad de Guayaquil.

El sistema de relleno tradicional consiste en primero excavar hasta que se alcance el nivel de profundidad necesario. Después se realiza una pre-consolidación del suelo asignándole una carga más grande de la cual tiene el diseño, de esa forma se reducen los asentamientos, para luego poderlos rellenar con material de reemplazo. Al final se realiza el tendido del sistema y se colocan losas.

El sistema de relleno con bloques de poliestireno consiste en, primero realizar la excavación hasta alcanzar el nivel de profundidad deseado que equivale al peso total o parcial del edificio. Luego se fabrican y se montan las capas de los bloques de poliestireno. Una vez se haya colocado la última cada de bloques se procede a pavimentar.

Como resultado se obtuvo que el sistema con geobloques brinda un mayor ahorro de tiempo en comparación al sistema convencional. Se realizaron cálculos para cuatro alternativas distintas para la cimentación, en las cuales se calcularon el costo del relleno, bloques, hormigón en plintos y zapatas. Las alternativas del uso de bloques de poliestireno como relleno tuvieron un costo más alto, pero se pudo notar la diferencia en peso de las alternativas. Las alternativas con relleno de cascajo tuvieron un peso más alto que los de relleno de bloques de poliestireno.

4.2 Estudio de Suelo para la Investigación

Se realizó la investigación en un suelo de la Zona 5. La zona 5 se encuentra en Urdesa y Kennedy donde se observa un relleno de aproximadamente 1 m. Seguido de gran cantidad de arcilla blanda a muy blanda, con "qu" entre 2.3 T/m² en los primeros metros (1 a 2m) y luego 1.8, 1.2,... T/m². Aproximadamente a los 12 m. Aparece la arcilla dura.

Según el número de pisos y según la resistencia del suelo, se podrán observar algunas alternativas buscando economía con seguridad:

- Plintos arriostrados (una planta)
- Zapatas aisladas o continuas (2-4 plantas)
- Losas (a partir de 3 o 4 pisos)
- Cimentación semi-compensada o totalmente compensada
- Plintos – pilotes, (4 o ms pisos)

Toda obra que conlleve un relleno posterior, deberá ser revisada y aprobada antes de iniciar los trabajos pertinentes al relleno. El terreno sobre el cual se va a colocar los rellenos, deberá estar libre de vegetación, raíces y tierra vegetal. Los materiales de relleno deberán estar exentos de materia orgánica, basuras y tierra vegetal. Los rellenos deberán colocarse de acuerdo con las líneas y pendientes indicadas en los planos u las ordenadas y aprobadas previamente.

El control de compactación de los rellenos, se deberá realizar comparando la densidad de campo con la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor Modificado según la especificación T180 de AASHTO Método D. La densidad

obtenida en el relleno no deberá ser menor del 95% del ensayo Proctor Modificado o la indicada en planos de construcción.

Todo material de relleno, se deberá colocar en capas horizontales no mayores de 30 cm de espesor.

Ilustración 29 ZONA DE URDESA – KENNEDY

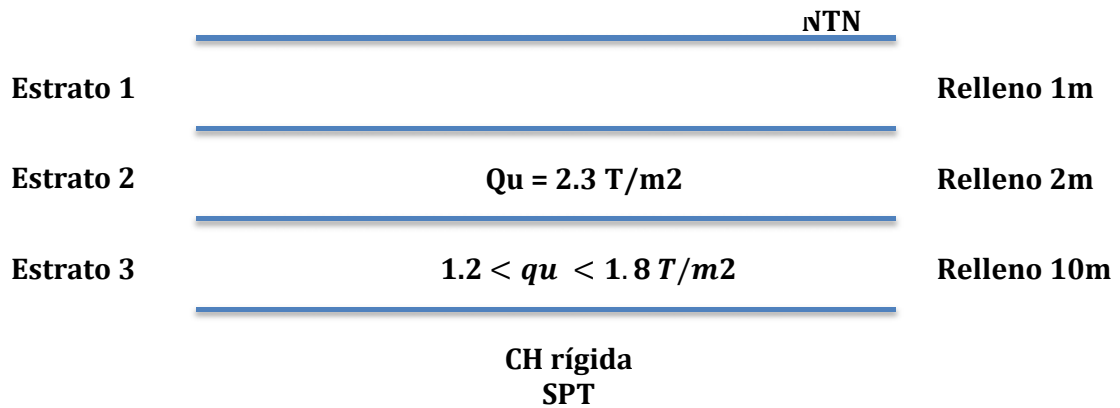
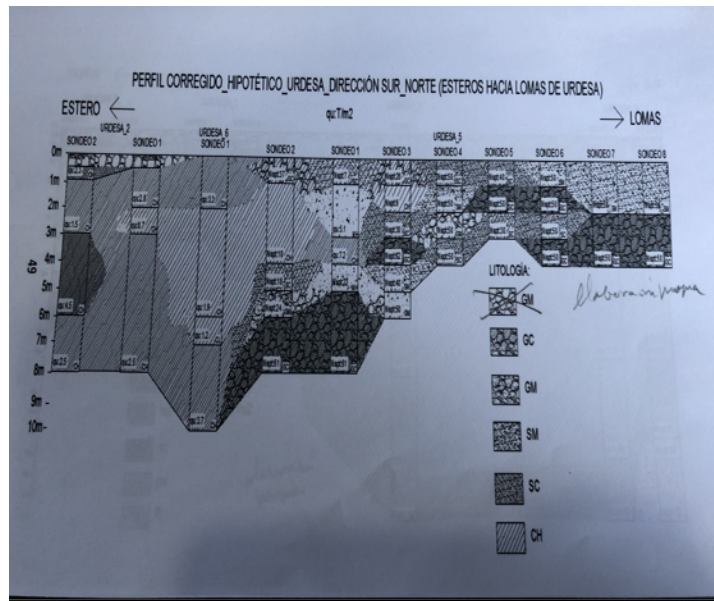


Ilustración 30 Zona 5



Ilustración 31 Estratigrafía Urdesa



Para el estrato 2 con la fórmula de Terzaghi:

$$q_{ult} = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \times B \delta N_\delta$$

Si $\theta = 0$ $N_c + 5.4$ $c = \frac{q_u}{2} = 1.15$

$$q_{ult} = \frac{1.15 \times 5.7}{3} = 2.18 \text{ T/m}^2$$

Como el edificio es de 3 niveles y cada uno se asume de 1.2 T/m^2 de descarga, el esfuerzo de contacto es $q_c = 3 \times 1.2 = 3.6 \text{ T/m}^2$.

Para la alternativa de cimentación superficial se analizan las 3 opciones siguientes:

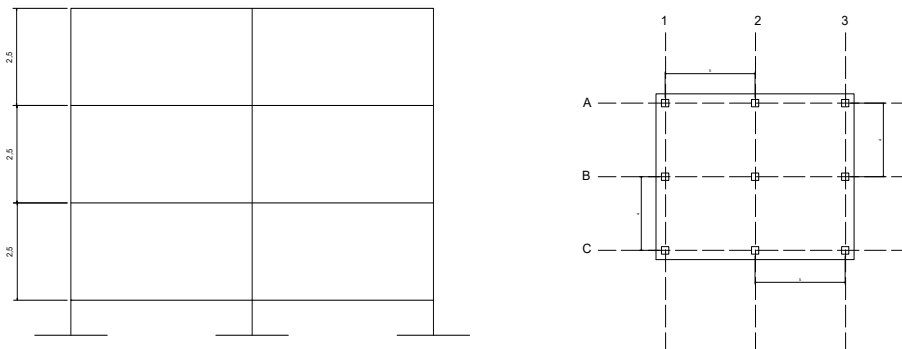
- $q_c < q_a$
- $q_c = q_a$
- $q_c > q_a$

Donde: $q_a = 2.18 \frac{T}{m^2}$, comparado con el $q_c = 3.6$.

$3.6 > 2.18$ por lo tanto, no pasa por cimentación superficial, habrá que mejorar el suelo o reemplazarlo.

4.2.1 Comparación técnica entre bloques de poliestireno y cascajo.

Ilustración 32 Elevación y Planta



$$3 \text{ Niveles} \times 1.2T/m^2 = 3.6 T/m^2$$

$$Q_t = 3.6 T/m^2$$

$$W_d = 1 T/m^2$$

$$W_L = 0.2 T/m^2$$

Columna Central:

$$P = (20 \text{ m}^2) (1.2 \text{ T/m}^2)(3) = 72 \text{ Ton}$$

Columna Perimetral:

$$P = (10 \text{ m}^2) (1.2 \text{ T/m}^2)(3) = 36 \text{ Ton}$$

Columna Esquinera:

$$P = (5 \text{ m}^2) (1.2 \text{ T/m}^2)(3) = 18 \text{ Ton}$$

4.3 Técnica de Relleno con cascajo

Se realizó el predimensionamiento para la cimentación con relleno de cascajo en la que se decidió utilizar la técnica de zapatas corridas.

En la alternativa del material de reemplazo, lo más adecuado sería grava bien graduada arcillosa, para que del gráfico de ángulo de fricción interna vs el # de golpes en el ensayo SPT, le corresponda $N=10$ y un ángulo de 30° .

En el predimensionamiento se usó un $q_u = 6 \frac{T}{m^2}$ y se obtuvieron los siguientes cálculos:

$$P = 60 \text{ Ton}$$

$$A = \frac{P}{q_u} = \frac{60}{6} = 10 \text{ m}^2$$

$$9B = 10 \text{ m}^2$$

$$B = 1.11$$

Se determina que el ancho de la zapata será de 1.20 m.

Se calculó con la fórmula longitud de desarrollo para obtener la altura de la zapata.

$$L_{db} = \frac{(0.08 \text{ dbfy})}{\sqrt{f_c}} = \frac{(0.08)(1.6)(4200)}{\sqrt{280}} = 32.12$$

$$L_{db} = 0.0043 (\text{db})(f_y) = 0.0043 (1.6)(4200) = 28.90$$

Por lo tanto se determinó que la altura de zapata deber ser de 50 cm.

La altura de desplante (df) es de 90 cm.

Se aplicó el cálculo de transmisión de presiones aplicando el teorema de Steinbrenner y dio los siguientes resultados:

$$\text{Arcilla} = 2.3 \text{ T / m}^2$$

$$W_{est} = 3.6 \frac{T}{m^2} - (0.90)(1.7)$$

$$W_{est} = 2.07 \text{ T/m}^2$$

$$\frac{a}{b} = \frac{5}{4} = 1.25$$

$$\frac{z}{b} = \frac{2.10}{4} = 0.525$$

$$\frac{\sigma_z}{p} = 0.21$$

$$\sigma_z = (0.21)(2.07)(4) = 1.74 \text{ T/m}^2$$

Como existe una presión de 1.74 que es menor a la de la arcilla entonces se establece realizar una excavación de tres metros.

Ilustración 33 Planta de Cimentación

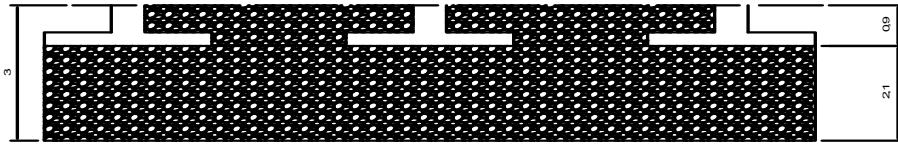


Ilustración 34 Diseño de Zapata Corrida

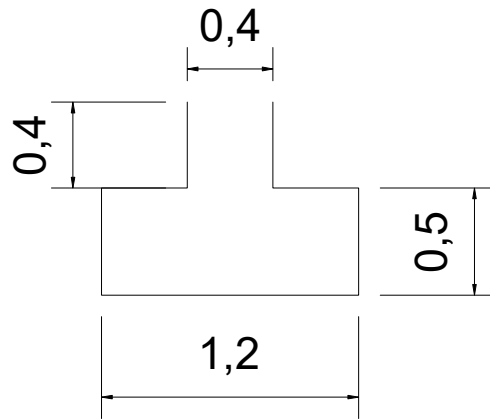
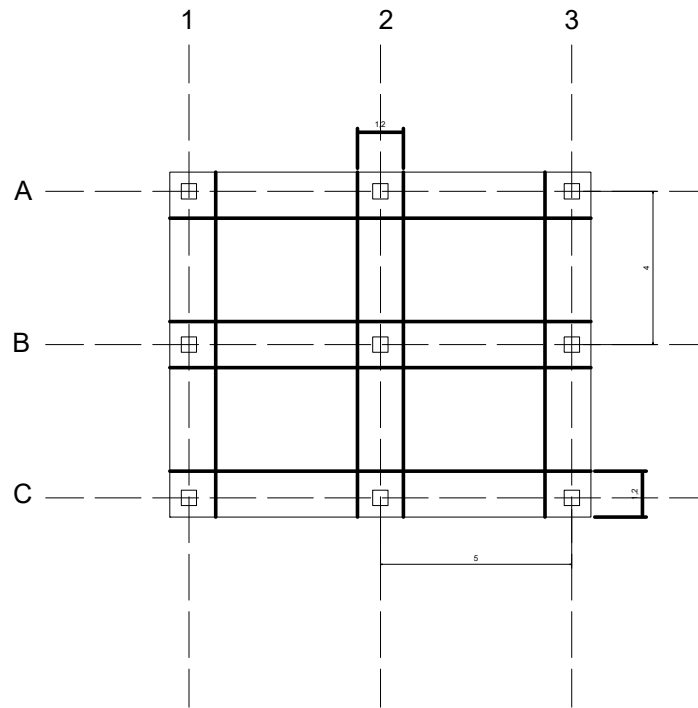


Ilustración 35 Eje X & Eje Y



4.4 Técnica de Relleno con bloques de poliestireno expandido.

Se realizó el predimensionamiento para la cimentación con relleno con bloques de poliestireno con zapata en una dirección.

Se aplicó el cálculo de transmisión de presiones aplicando el teorema de Steinbrenner para obtener la cantidad de excavación que se tenía que realizar y el predimensionamiento de las zapatas que se iban a colocar en la cimentación.

$$q = (1 \text{ m}) (1.7 \text{ T/m}^3) = 1.7 \text{ T/m}^2$$

$$Q = 3.6 \text{ T/m}^2 - 1.7 \text{ T/m}^2 = 1.9 \text{ T/m}^2$$

$$\frac{a}{b} = \frac{5}{4} = 1.25$$

$$\frac{z}{b} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\frac{\sigma_z}{p} = 0.24$$

$$\sigma_z = (0.24)(1.9)(4) = 1.82 \text{ T/m}^2$$

Como existe una presión de 1.82 que es menor a la de la arcilla entonces se establece realizar una excavación de 2 metros.

En el predimensionamiento se utilizó un $q_u = 6 \frac{T}{m^2}$ y se obtuvieron los siguientes

cálculos:

$$P = 76 \text{ Ton}$$

$$A = \frac{P}{q_u} = \frac{60}{6} = 12.67 \text{ m}^2$$

$$9B = 12.67 \text{ m}^2$$

$$B = 1.40$$

Se determina que el ancho de la zapata será de 1.40 m.

Ilustración 36 Planta de Cimentación Técnica 2

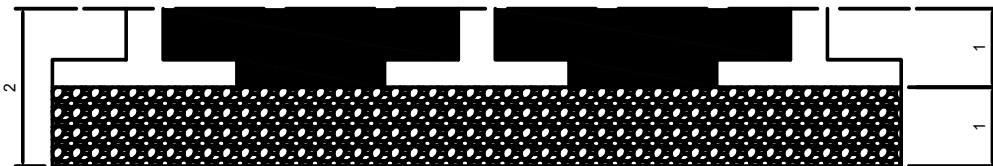
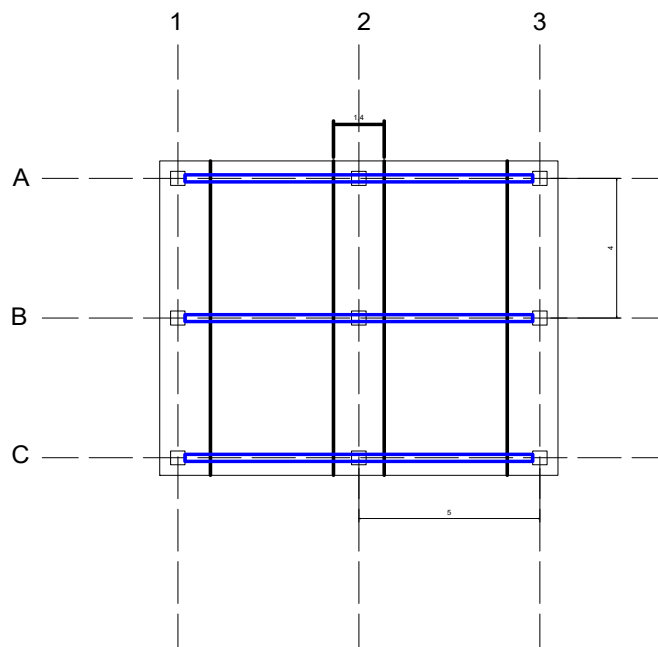


Ilustración 37 Cargas por columna

18 T		36 T		18 T
36 T		72 T		36 T
18 T		36 T		18 T

Ilustración 38 Planta de Cimentación



En el caso del relleno con bloques de poliestireno se utilizan bloques de espesor de 100 cm. La práctica ingenieril establece estos rangos para el tamaño del bloque de poliestireno.

Table 11 Rangos para el tamaño del bloque de poliestireno

ESPEJOR DE LOS BLOQUES DE POLIESTIRENO (CM)
70 - 80
100
140

4.5 Comparación de costos.

En base a un predimensionamiento con zapatas en una dirección y zapatas corridas, se tomaron los costos y pesos por m³ de hormigón, del relleno de cascajo y de bloques de poliestireno y se propusieron estas alternativas:

1. Zapatas corridas con relleno de cascajo
2. Zapatas en una dirección con relleno de bloques de poliestireno

Para estas alternativas se calcularon los volúmenes de hormigón que se iban a ir en los dos casos, también la excavación que se va a realizar y el valor de los elementos a utilizar.

4.5.1 Costos de Zapata en una dirección con Relleno de Bloques de Poliestireno

$$V \text{ cimentación} = (1,4 \times 0,5) + (0,4 \times 0,5)(9) = 8,1(3) = 24,3$$

Riostras : 20cmx30cm

$$V \text{ riostras} = 1,8 \text{ m}^3$$

$$\text{\$Cimentación} = 24,3 \text{ m}^3(\$506,37) = \$12,304,8$$

$$\text{\$Excavación} = (2)(11)(9)(\$9,39) = \$1,859,22$$

$$\text{Relleno de Cascajo} = (1)(11)(9) = 99 (14,33) = \$1,418,67$$

\$Relleno de bloques = ((1)(11)(9) – (24.3)) (\$90) = \$6,723

\$Total de Plintos con Relleno de Bloques de Poliestireno : \$22,305.69

4.5.2 Costos de Zapatas Corridas con Relleno de Cascajo

V Zapata= 45.6 m³

\$ Zapata = (45.6 m³)(\$506.37) = \$23,090.47

\$Excavación = (3)(11)(9)(\$9.39)=\$2788.83

\$Relleno = ((2.11)(11)(9) +43.5) (\$14.33) = \$3602.56

\$Total de Zapatas Corridas con Relleno de Cascajo : \$29,481.86

Table 12 Comparación costos

ALTERNATIVAS	COSTOS
Zapatas corridas con relleno de cascajo	\$29,481.86
Zapata en una dirección con relleno de bloques EPS	\$22,305.69

4.6 Cargas Admisibles

Table 13 Cargas Admisibles

Tipo de Suelo	Lugar de Origen	Cargas Admisibles (Tn/m ²)	Cargas Admisibles (Tn/m ²) con EPS
Arcillosos	Playas	de 1,5 a 4	de 3,5 a 6
Arenosos	Planicies de la Costa		
Fangosos	Manglares de la costa		
Rocoso Erosible	Acantilados		
Recuperado con relleno	Ciudades de la costa		

Como se muestra en la tabla, las cargas admisibles que proporcionan los bloques de poliestireno en suelos compresibles son mayores que las que proporcionan los rellenos comunes. La densidad de los bloques de poliestireno (29 kg/m³) es lo que permite que esto se pueda lograr.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

En esta investigación se realizaron comparaciones entre los bloques de poliestireno y el relleno de cascajo para las cimentaciones en suelos compresibles. Se tomaron las características de los dos elementos, tanto sus características mecánicas como físicas. El cascajo es el material de relleno que comúnmente se utiliza en nuestro medio, debido a su precio y poco estudio sobre otro tipo de rellenos. Los bloques de poliestireno se utilizan hace poco tiempo en nuestro medio y han dado grandes facilidades y aportaciones a la ingeniería en el Ecuador, ya que poseen un peso 60 veces menor que el relleno de cascajo, tiene fácil movilidad y colocación al momento de colocarlos en obra ya que se los puede transportar rápidamente. En la investigación se tomó como ejemplo un edificio de tres pisos con suelo compresible, en los que se comparó el tiempo de realización y el costo del mismo empleando los dos tipos de relleno antes mencionados.

Se realizó una comparación entre 2 alternativas de uso en cimentaciones, en la cual se llegó a la conclusión que el uso de los bloques de poliestireno tienen un gran aporte en el tema del alivianamiento de estructuras. Por lo tanto, se concluye que los bloques de poliestireno se deben utilizar en suelos muy compresibles habiendo realizado un análisis de costo previo en el que determine que es una buena opción.

5.2 Recomendaciones

Tras la investigación realizada de los bloques de poliestireno como material de relleno para cimentaciones en suelos compresibles, se puede recomendar su utilización en las cimentaciones, ya que posee gran resistencia a la compresión y su densidad de 22 kg/m³ hacen que el peso de los mismos sea muy liviano dándole así facilidad al suelo compresible de soportar una edificación de 3.5 a 6 T/m².

Los bloques de poliestireno deberían ser más utilizados en nuestro medio, ya que ofrecen un alivianamiento 60 veces mayor que el del relleno de cascajo, su composición permite que se pueda reutilizar en distintas obras y es un material de fácil manejo e instalación lo cual reduce la mano de obra, por lo tanto, es un elemento recomendado para su utilización.

5.3 Bibliografía

- Almeida, C. G. (2014). *Uso de Bloques de Poliestireno Expandido en Terraplenes*. Quito: Universidad Central.
- ANEFA. (6 de Febrero de 2006). *Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos*. Obtenido de <http://www.conocelosaridos.org/curioso.html>
- Ardila, L. K., & Castañeda, M. A. (2010). *Implementación de un Proceso que Utilice el Poliestireno Post- Consumo Contenido en Residuos Sólidos, para Obtener Aglomerados a Partir de Emulsiones de Poliestireno*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Asociación Argentina Del Poliestireno Expandido. (7 de Agosto de 2003). *Poliestireno Expandido: Productos Y Aplicaciones*. Obtenido de <http://www.aape.com.ar/>
- Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. (16 de Agosto de 2003). *Aplicaciones de Envasado y Embalado en EPS*. Obtenido de <http://anape.es/>
- Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. (2003). *El poliestireno expandido y el medio ambiente*. Madrid: Asociación Nacional de Poliestireno Expandido.
- BASF. (1997). *Información Técnica Styropor Propiedades/Ensayos*. Styropor.
- Billmeyer, F. W. (1975). *La Ciencia de los Polímeros*. Barcelona: Reverté.
- DAVSA. (15 de Septiembre de 2005). *Características del Poliestireno Expandido*. Obtenido de <http://www.davsa.com/infoWeb/Grup/Subgrups/caracteristiques/040101D-20.pdf>
- El Diario. (3 de Febrero de 2017). *Eldiario.ec*. Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/421531-la-tendencia-es-alivianar/>
- Empoline. (13 de Agosto de 2012). Obtenido de <http://www.empolime.com/propiedades-poliestireno-expandido.htm>
- FAO. (14 de Septiembre de 2012). *Food and Agriculture Organization*. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s10.htm
- Gibson, L. J., & Ashby, M. F. (1999). *Cellular solids*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Guerrero, R. (7 de Febrero de 2017). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/1iydc16ij4yg/suelos-compresibles/>
- Horvath, J. S. (1995). *Geofoam Geosynthetic Monograph*. Bronx: Manhattan College .
- Lambde, W. (1996). *Mecánica de Suelos*. México D.F.: Limusa.
- Mapfrere. (20 de Agosto de 2013). *CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TERRENOS Y CIMENTACIONES ADECUADAS A LOS MISMOS*. Obtenido de *CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS*
- Mendoza, M., & Ortiz, C. (10 de Junio de 2015). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/286197946/Unidad-6-Mecanica-de-Suelo>
- Negussey, D., & Jahanandish, M. (1993). *Comparison of some engineering properties of*. New York: Transportation Research Record.
- Oropeza, V. M. (2004). *Parque Reserva, Peninsula del Carrizal*. Puebla: Universidad de las Américas Puebla.

POLIEXPANDIDOS CIA. (18 de Agosto de 2004). *ALIVIANAMIENTOS EN POLIESTIRENO EXPANDIBLE*. Obtenido de <http://www.poliex.com.ec/pdfs/casetones%20fijos.pdf>
Syracuse University Syracuse. (16 de Julio de 2018). *Geofoam Research Center*. Obtenido de http://geofoam.syr.edu/GRC_Applications.asp
Villacís, J. S. (2018). *Análisis comparativo de factibilidad técnica y económica entre casetones*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.