

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE: CIVIL



Trabajo de Titulación

Tema: DISEÑO DE UNA MEZCLA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON PET (POLIETILENO TEREFTALATO) TRITURADO PARA ANALIZAR SU DESEMPEÑO EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA EN BASE A LA NORMA INEN 3066.

AUTOR:

CARRILLO GUALOTO KEVIN ARIEL

QUITO DM, NOVIEMBRE DEL 2022

DEDICATORIA

Los logros que he obtenido a lo largo de mi vida no son solo míos, se lo debo en gran parte a mi familia. Mi madre Marcia Gualoto, hermano Steven Carrillo y mis abuelos Luis Alberto Gualoto y María Pillalaza quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y mi apoyo para culminar la carrera de ingeniería.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis tíos y primos por todos los consejos que me han sabido brindar, en especial a mi primo Javier Clavón quien a pesar de que partió a un lugar mejor fue quien me motivo y encamino en el ámbito de la ingeniería civil y le estaré eternamente agradecido.

RESUMEN

La producción de plástico ha crecido de manera exponencial durante los últimos 50 años, siendo uno de los productos que mayor demanda posee a nivel mundial, ya que facilita realizar actividades de diario vivir. Pero si no son procesados o reciclados adecuadamente pueden pasar décadas antes de descomponerse y en consecuencia puede causar altos niveles de contaminación.

Por lo cual se implementó plásticos tipo PET (polietileno tereftalato) triturado en la dosificación de bloques de hormigón, de manera que se obtenga un prefabricado (bloque) de igual o mayor capacidad a la compresión a la de los bloques tradicionales tomando como referencia la norma NTE INEN 3066.

Para el proceso de fabricación de bloques se consideró dos dosificaciones con plástico PET triturado. La primera con un 20% de PET en su mezcla cuyos especímenes arrojaron resultados que no fueron los esperados, incumpliendo con varios criterios como excesivos volúmenes de vacíos, menor resistencia a la compresión, lo cual genera un prefabricado de baja calidad. La segunda dosificación se redujo un 5% de PET triturado, es decir, la mezcla contiene un 15 % de plástico en su dosificación, con lo cual se fabricó bloques capaces para ser usados como alivianamiento.

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron satisfactorios cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 3066. BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO, demostrando que el agregar plástico triturado a los bloques no afecta su resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The production of plastic has grown exponentially during the last 50 years, being one of the products with the highest demand worldwide since it makes it easier to carry out daily activities. But if they are not properly processed or recycled, they can take decades to break down and cause high levels of pollution.

Therefore, it is sought to implement crushed PET (polyethylene terephthalate) type plastics in the dosage of concrete blocks, so that a prefabricated (block) of equal or greater capacity to compression is obtained than that of traditional blocks, taking as reference the NTE INEN 3066 standard.

For the block manufacturing process, two dosages with crushed PET plastic were considered. The first with 20% PET in its mixture, whose specimens yielded results that were not expected, failing to meet several criteria such as excessive void volumes, lower compressive strength, which generates a low-quality precast. The second dosage was reduced by 5% of crushed PET, that is, the mixture contains 15% of plastic in its dosage, with which blocks capable of being used as lightening were manufactured.

The results obtained in the laboratory were satisfactory, complying with the parameters established in the NTE INEN 3066 standard. CONCRETE BLOCKS. REQUIREMENTS AND TEST METHODS, showing that adding crushed plastic to the blocks does not affect their compressive strength.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
TABLA DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1.	GENERALIDADES Y OBJETIVOS.....	15
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.3.1	Objetivo general	16
1.3.2	Objetivo específico	16
1.4	HIPÓTESIS	16
1.5	ALCANCE	17
CAPÍTULO 2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	18
2.1	MARCO REFERENCIAL	18
2.1.1	Fundamentación filosófica	18
2.1.2	Fundamentación legal.....	18
2.2	MARCO TEÓRICO	18
2.2.1	Antecedentes.....	18
2.2.2	Hormigón.....	19
2.2.3	Características del hormigón	20
2.2.4	Porcentaje de vacíos de aire en el hormigón	21
2.2.5	Composición del hormigón	22
2.2.6	Prefabricados de hormigón: Bloque	23
2.2.7	Historia y evolución del bloque.....	23
2.2.8	Tipos de bloque	24
2.2.9	Importancia del bloque en la construcción	24
2.2.10	Ventajas del bloque en la construcción	25
2.2.11	Consideraciones ambientales derivado de la construcción.....	26

2.2.12	Plástico	26
2.2.13	Porcentaje de plástico en el mundo	27
2.2.14	Plástico en los mares	28
2.2.15	Tipos de plástico.....	29
2.2.15.1	Según su estructura	29
2.2.15.2	Según su dureza.....	30
2.2.15.3	Según su clasificación numérica.	32
2.2.16	Clasificación de plásticos que pueden y no pueden reciclarse	35
2.2.17	Estudio del plástico polietileno tereftalato	36
2.2.18	Reciclaje de plásticos en Quito.....	37
2.3	MARCO CONCEPTUAL	37
CAPÍTULO 3. INTERPRETACIÓN DE LA NORMA NTE INEN 3066. BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO.....		41
3.1	CLASIFICACIÓN.....	41
3.1.1	De acuerdo con su uso	41
3.1.2	De acuerdo con su densidad y absorción de agua	42
3.2	REQUISITOS.....	42
3.2.1	Dimensiones	42
3.2.2	Aspectos visuales y marcas	43
3.2.3	Resistencia a la compresión simple.....	43
3.2.3.1	Muestreo	44
CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN (BLOQUE) Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....		45
4.1	UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA FÁBRICA DE BLOQUES.	45
4.2	UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES – PUCE.....	46

4.3	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE PET	47
4.3.1	Plástico N°1: Polietileno tereftalato	47
4.3.1.1	Recolección y almacenamiento	47
4.3.1.2	Trituración de las botellas.....	48
4.3.2	Agregado fino – arena, polvo azul y cemento	50
4.3.3	Agua	50
4.4	DOSIFICACIÓN DEL BLOQUE PET.....	50
4.5	FABRICACIÓN Y CURADO DE LOS BLOQUES PET	52
4.6	MAQUINARIA REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES PET. 53	
4.6.1	Trituradora de plástico.....	53
4.6.2	Mezcladora	54
4.6.3	Prensadora de bloques	54
CAPÍTULO 5.	ENSAYOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	56
5.1	ENSAYOS.....	56
5.1.1	Ensayo de granulometría – arena.....	56
5.1.2	Ensayo tamaño máximo nominal – plástico triturado	57
5.1.3	Ensayo de resistencia a compresión	57
5.1.3.1	Realización del ensayo	58
5.1.3.2	Interpretación de resultados – bloque pet.....	60
5.1.4	Ensayo para determinar el porcentaje de absorción de agua, densidad y vacíos de aire.....	62
5.1.4.1	Realización del ensayo	62
5.1.4.2	Interpretación de resultados de porcentaje de absorción de agua y volumen de vacíos- bloque PET.....	64

5.1.4.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD – BLOQUE PET.	65
5.1.4.4	Interpretación de resultados de densidad – bloque PET.....	66
5.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. BLOQUE TRADICIONAL – BLOQUE PET.....	67
5.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS. BLOQUE TRADICIONAL – BLOQUE PET.	68
5.3.1	Presupuesto bloque tradicional.....	68
5.3.2	Presupuesto bloque PET.....	70
5.4	RESUMEN DE RESULTADOS.....	72
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1	CONCLUSIONES.....	73
6.2	RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA		76
ANEXOS.....		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedio de la densidad para el concreto fresco.....	21
Tabla 2. Dosificación del concreto	22
Tabla 3. Plásticos reciclables y no reciclables	35
Tabla 4. Bloques de hormigón de acuerdo con su uso.....	41
Tabla 5. Bloques de hormigón de acuerdo con su densidad y absorción de agua	42
Tabla 6. Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón	42
Tabla 7. Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A	43
Tabla 8. Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón	44
Tabla 9. Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada	44
Tabla 10. Dosificación del bloque PET	51
Tabla 11. Dosificaciones representativas del bloque PET	51
Tabla 12. Tamizado árido fino.....	56
Tabla 13. Tamaño máximo nominal del plástico.....	57
Tabla 14. Resistencia a los 7 días del bloque PET	60
Tabla 15. Resistencia a los 28 días del bloque	61
Tabla 16. Resultados de absorción de agua del bloque PET al 20%	64
Tabla 17. Resultados de absorción de agua del bloque PET al 15%	65
Tabla 18. Resultados de contenido de humedad del bloque PET	66
Tabla 19. Densidad del bloque PET	66
Tabla 20. Resistencia a los 28 días bloque tradicional	67
Tabla 21. Presupuesto del equipo para bloque tradicional	68
Tabla 22. Presupuesto de mano de obra para bloque tradicional.....	69
Tabla 23. Presupuesto de materiales para bloque tradicional	69
Tabla 24. Costos indirectos bloque tradicional.....	69
Tabla 25. Precio bloque tradicional	70
Tabla 26. Presupuesto de equipo para bloque PET	70
Tabla 27. Presupuesto de mano de obra para bloque PET.....	71
Tabla 28. Presupuesto de materiales para bloque PET.....	71
Tabla 29. Costos indirectos bloque PET.....	71
Tabla 30. Precio bloque PET	72

Tabla 31. Resumen de resultados al 20% del PET a los 7 días	72
Tabla 32. Resumen de resultados al 15% del PET a los 28 días	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura del pavimento rígido.....	20
Ilustración 2. Vacíos de aire	21
Ilustración 3. Tipos y estructura del concreto.....	22
Ilustración 4. Tipos de bloques	23
Ilustración 5. Bloques según su tamaño.....	25
Ilustración 6. Porcentaje de plástico a nivel mundial	27
Ilustración 7. Estadística mundial para la eliminación del plástico de un solo uso	28
Ilustración 8. Origen de los microplásticos en los océanos	29
Ilustración 9. Tipos de plástico según su clasificación numérica	32
Ilustración 10. Fórmula química del PET	37
Ilustración 11. Ubicación y localización de fábrica de bloques	45
Ilustración 12. Ubicación y localización del laboratorio de resistencia de materiales ...	46
Ilustración 13. Recolección de botellas PET	47
Ilustración 14. Trituración de botellas PET	48
Ilustración 15. Transporte del PET triturado hacia la planta de bloques	49
Ilustración 16. Obtención de los agregados para el bloque	50
Ilustración 17. Preparación de la mezcla	52
Ilustración 18. Fabricación del bloque.....	53
Ilustración 19. Maquinaria de trituración	54
Ilustración 20. Maquinaria de mezcla.....	54
Ilustración 21. Prensadora de bloques	55
Ilustración 22. Registro de dimensiones del bloque	58
Ilustración 23. Preparación de las muestras.....	59
Ilustración 24. Resultados de bloques sometidos a cargas	59
Ilustración 25. Determinación de la masa sumergida.....	62
Ilustración 26. Determinación de la masa saturada	63
Ilustración 27. Colocación de bloques en el horno	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Área bruta.....	60
Ecuación 2. Resistencia a compresión del área bruta	60
Ecuación 3. Determinación de absorción de agua	64
Ecuación 4. Determinación del contenido de humedad.....	65
Ecuación 5. Determinación de densidad.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

NTE INEN 3066 BLOQUES DE HORMIGÓN	78
---	----

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se estima que alrededor de 8 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos cada año, lo cual vuelve al plástico uno de los mayores agentes contaminantes para el medio ambiente. Por esta razón es fundamental crear medidas que ayuden a la reducción del uso de plásticos, y a su vez fomentar el reciclaje y la reutilización de este producto en distintos procesos, como es el caso de la elaboración de bloques a base de plásticos triturados. “La innovación y el progreso tecnológico son claves para descubrir soluciones duraderas para los desafíos económicos y medioambientales” (ONU, 2015)

El aprovechamiento del plástico triturado incorporado en bloques de hormigón es una alternativa que favorece a la sustentabilidad ambiental; además de que su costo es menor en comparación al bloque de hormigón tradicional, debido a que utiliza material reciclado. Pero los mismos necesitan ser sometidos a ensayos para obtener datos de resistencia a la comprensión previos a ser aplicados en obra.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La contaminación ambiental ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, siendo el ser humano la principal fuente que provoca este problema, ya que al verse en la obligación de satisfacer sus necesidades realiza actividades que inevitablemente generan un alto número de elementos que afectan directa e indirectamente al medio físico y al medio biótico en el cual se desarrolla la vida. “La contaminación ambiental es un proceso cíclico que involucra todos los ambientes: aire, agua y suelo; y desde cualquier perspectiva, a los seres vivos tanto emisores como receptores de los contaminantes” (Domínguez, 2015)

Las industrias de plástico desarrollan una innumerable cantidad de productos que bien facilitan a las personas realizar sus actividades cotidianas, pero, por otro lado, la mayoría de estos plásticos no están destinados para un uso a largo plazo por lo que terminan acumulándose en zonas vulnerables sin ningún control para un futuro reciclaje. Las botellas de plástico son generadas a partir de polietileno tereftalato (PET), el cual tarda

alrededor de 1000 años en desintegrarse por lo que la mayoría de estos acaban en quebradas o afluentes de agua.

Por lo que elaborar bloques de hormigón mediante la incorporación de polietileno tereftalato (PET) además de reducir significativamente la contaminación ambiental, busca aprovechar ese factor como un recurso dentro del ámbito de la construcción, disminuyendo el uso de agregados que intervienen en el proceso de fabricación de un bloque tradicional al colocar plásticos triturados, generando así un elemento estructural amigable con el medio ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una mezcla en base a PET (Polietileno Tereftalato) con diferentes dosificaciones para la elaboración de bloques de hormigón.

1.3.2 Objetivo específico

- Dosificar en diferentes porcentajes las muestras de bloque de hormigón con plástico triturado.
- Determinar las propiedades mecánicas para cada una de las dosificaciones.
- Determinar el porcentaje de absorción de agua.
- Comparar la resistencia del bloque tradicional frente al bloque a base de polietileno tereftalato (PET)

1.4 HIPÓTESIS

El bloque a base de PET (Polietileno Tereftalato) alcanzará la misma resistencia a la compresión que el bloque de hormigón tradicional posee.

1.5 ALCANCE

El presente trabajo de titulación se basa en la norma INEN 3066 “BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO”, el cual señala que se debe ensayar 6 bloques de un lote; 3 para la resistencia a la compresión simple y 3 para determinar el porcentaje de absorción de agua.

Por lo que se ensayarán bloques de 10x20x40 y 15x20x40, cada uno con dosificado con distintos porcentajes de entre 15 – 30 % de PET triturado, para analizar las propiedades mecánicas y compararlos frente a las propiedades de bloque de hormigón tradicional.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Fundamentación filosófica

El presente trabajo de estudio tiene como fin proponer un bloque de hormigón como elemento estructural amigable con el medio ambiente, el cual dentro de su composición reemplace la cantidad de agregado fino (arena) por un material alternativo como es el caso del plástico, y de esta manera darle un nuevo uso a aquellos plásticos que eran considerados como desechos, y de cierto modo reducir los niveles de contaminación que la industria de la construcción genera.

2.1.2 Fundamentación legal

Para desarrollar la evaluación del bloque de hormigón se tomará como referencia la “NORMA INEN 3066 – BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO. (2016)”, con lo cual se garantiza que el bloque cumpla con los requisitos mínimos previos a ser ensayados en el laboratorio, ya que de no seguir con las especificaciones que dicta la norma, se obtendrán muestras que arrojarán resultados los cuales no serán considerados como un aporte válido.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Antecedentes

Desde que el ser humano adoptó una vida sedentaria se vio en la necesidad de fabricar elementos estructurales que mejoren sus condiciones de vida, de ahí parte la evolución de los primeros ladrillos de adobe o barro, pasando a generar ladrillos con agregados minerales, bloques de piedra, para finalmente obtener el bloque de hormigón que hoy en día es un material indispensable para la construcción, al momento de ser colocados en losas y dar distintos aspectos modernos con la colocación de mampostería en las estructuras.

En el mundo se realiza una producción masiva de plástico, debido a que facilita realizar las actividades cotidianas a las personas, sin embargo, los plásticos en general tardan cientos de años en desintegrarse, para poner un simple ejemplo una botella de plástico tarda alrededor de 500 años, lo cual los convierte en un elemento altamente contaminante si no es procesado por un sistema adecuado de reciclaje.

El ámbito de la construcción genera factores ambientales como son el desbroce y desbosque de terrenos, emisión de polvo al aire, acumulación de escombros, entre otros., los cuales causan un impacto ambiental significativo al medio ambiente. Por lo cual, al incorporar ciertas sustancias como bien pueden ser vidrio molido, o como es el caso de ciertos plásticos triturados dentro de las dosificaciones de los bloques de hormigón que ayudan a mitigar la contaminación que genera la acumulación de plástico en el mundo. “Construir con bloques de hormigón presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, esto se puede notar más durante la ejecución de los trabajos y al final de la obra” (Bósela, 2018)

2.2.2 Hormigón

El hormigón considerado una piedra artificial que resulta de combinar agregados pétreos, cemento y agua. Este material destaca por su gran durabilidad y dureza por lo que se fabrica de manera masiva para el sector de la construcción. (Chan, 2003)

Puede adquirir distintas resistencias al modificar su dosificación dependiendo la exigencia de la obra civil y las consideraciones del diseñador, al momento que la mezcla es combinada con el acero pasa a denominarse hormigón armado.

En ingeniería civil a este material se le puede agregar aditivos los cuales modifican sus características, el cual es empleado en obras pequeñas y grandes, por ejemplo: edificaciones, puentes, carreteras, muros, etc.

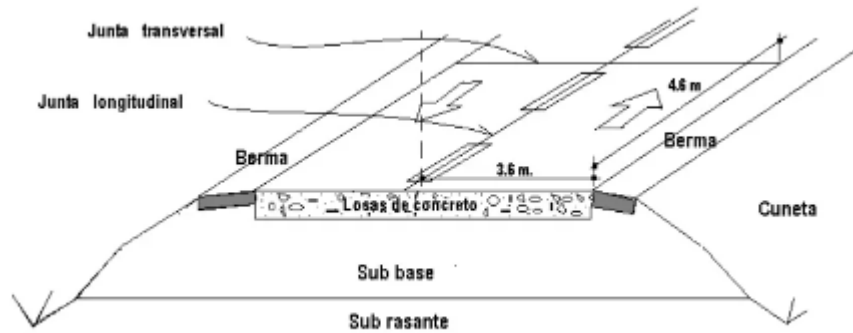


Ilustración 1. Estructura del pavimento rígido (Martínez, 2020)

2.2.3 Características del hormigón

- Alta resistencia a la compresión, sin embargo, es relativamente débil al someterse a flexión por lo que se utiliza acero para compensar dicho esfuerzo.
- Tiene una larga vida útil, puede estar expuesto directamente al ambiente sin que sus propiedades se vean afectadas.
- Es un material muy versátil, al tener demasiadas aplicaciones se lo emplea en elementos estructurales con como vigas, columnas, losas, etc.
- Su transporte al igual que su implantación en obra es sencilla, se lo puede fabricar a nivel industrial o en el lugar de la obra.
- Resistente al fuego, posee propiedades ignifugas las cuales brindan seguridad a las obras civiles, además, de ser un material impermeable.
- Tiene un costo de producción y reparación bajo, aun así, brinda un sin número de beneficios a corto y largo plazo.
- El peso específico del hormigón utilizado en fines académicos es de 2400 kg/m³.

Tabla 1. Promedio de la densidad para el concreto fresco (Hernández, 2011)

Tamaño máximo del agregado, mm	Contenido de aire, porcentaje	Agua kg/m ³	Cemento, kg/m ³	Densidad, kg/m ³				
				Gravedad específica del agregado				
				2,55	2,6	2,65	2,7	2,75
19	6	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
37,5	4,5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
75	3,5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467

2.2.4 Porcentaje de vacíos de aire en el hormigón

La calidad del hormigón se puede ver afectada por diversos factores como exceso de agua en la mezcla, congelamiento, permeabilidad, ataques químicos, variación de temperatura y los vacíos de aire en la dosificación. Dichos factores causan un deterioro en la durabilidad del hormigón que en casos extremos puede comprometer seriamente a la obra civil.

El porcentaje de vacíos de aire en el hormigón se relaciona directamente con el tamaño de los agregados en la mezcla, además de la importancia de una buena compactación o vibración al momento de ser colocado en obra. “Los requisitos para mezclas de concreto se basan en la filosofía de que el concreto debe proveer resistencia y durabilidad adecuadas. El reglamento define un valor mínimo de $f'c$ para concreto estructural pero no un valor máximo, excepto que así lo requiera un requisito” (ACI, 2018)

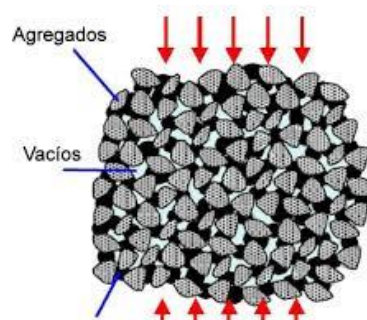


Ilustración 2. Vacíos de aire (Páramo & Poncino, 2012)

2.2.5 Composición del hormigón

“El concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado” (McCorman & Brown, 2016). El hormigón puede alcanzar diferentes resistencias ($f'c$) modificando los porcentajes de los materiales en la mezcla que lo conforman según las exigencias que la obra civil requiera, también existe el hormigón armado, ciclópeo, entre otros.

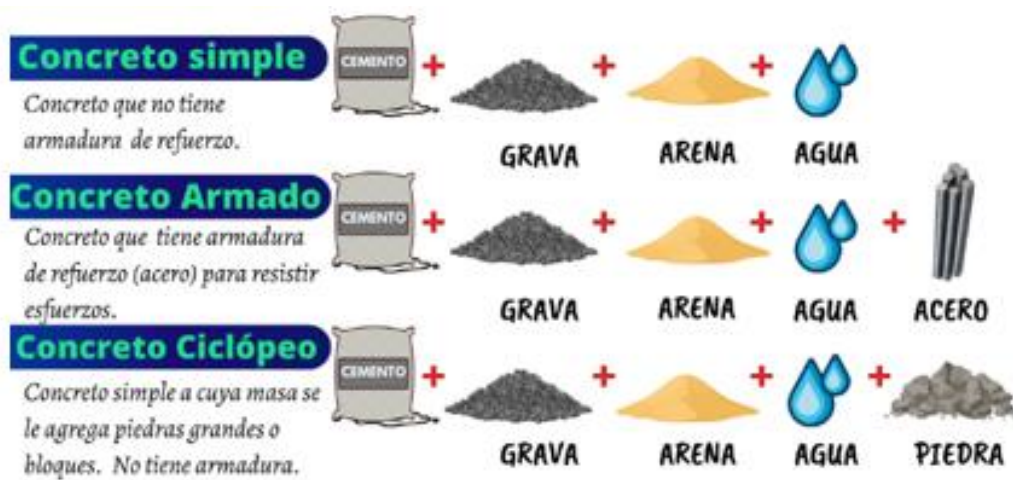


Ilustración 3. Tipos y estructura del concreto (Sanitary Engineer, 2021)

Las proporciones del material del hormigón varían para alcanzar la resistencia deseada, el cemento se encuentra en un 10–15% en la mezcla, seguido por el agua en un 15–20%, la mayor cantidad de la mezcla es ocupada por los agregados finos y gruesos que ocupan entre el 65 – 75% de volumen total y es el encargado de brindar la consistencia al hormigón.

Tabla 2. Dosificación del concreto (Sanitary Engineer, 2021)

Resistencia del concreto $F'c$ (kg/cm ²)	Agua/Cemento	Asentamiento (pulg.)	Tamaño del agregado (pulg.)	Dosificación en volumen Cemento/Arena/Piedra	Materiales por m ³			
					Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	Agua (m ³)
140	0.61	4	3/4	1 : 2.5 : 3.5	7.01	0.51	0.54	0.184
175	0.51	3	1/2	1 : 2.5 : 2.5	8.43	0.54	0.55	0.185
210	0.45	3	1/2	1 : 2.0 : 2.0	9.73	0.52	0.53	0.186
245	0.38	3	1/2	1 : 1.5 : 1.5	11.5	0.50	0.51	0.187
280	0.38	3	1/2	1 : 1.1 : 1.5	13.34	0.45	0.51	0.189

2.2.6 Prefabricados de hormigón: Bloque

El bloque de cemento al igual que los ladrillos están hechos a partir de la dosificación de cemento, arena y agua; los cuales después de ser sometidos a un proceso de curado adquieren una alta resistencia lo cual lo convierte en un material adecuado para la mampostería; además de existir una extensa variedad de formas y tipos que se pueden encontrar en el mercado, su colocación en obra es sencilla ya que se utiliza el mortero que sirve como aglomerante para juntar cada uno de los bloques a voluntad del constructor.



Ilustración 4. Tipos de bloques (Bloqueras.org, 2019)

El bloque de hormigón es un material prefabricado que se utiliza en el ámbito de la construcción para la elaboración de muros o para levantar mampostería en un corto tiempo, se caracteriza por ser pequeños lo cual facilita su transporte y su maniobrabilidad al momento de ser colocados en obra, además posee una alta resistencia lo cual lo convierte en un material fundamental en las estructuras. “La veracidad de los materiales de construcción; hormigón, piedra y ladrillos, se mantendrán en todos los edificios construidos o que se construirán.” (Corbusier, 1950)

2.2.7 Historia y evolución del bloque

Los bloques tienen una gran importancia dentro del ámbito arquitectónico, debido a que muchas de las iglesias alrededor del mundo fueron creadas con bloques de piedra y hoy en día son consideradas como patrimonio de la humanidad, pero el camino para obtener dichos bloques que por lo general son de piedra fue mucho más complejo, ya que las primeras viviendas fueron de bloques de adobe pero era un material que se degradaba significativamente con el pasar de los años, posteriormente se vio en la necesidad de crear bloques más resistentes y duraderos por lo que se creó el bloque de hormigón tradicional a base de agregados minerales que se usa hoy en día la construcción. “Fue en el siglo XVIII, cuando se sentaron las bases teóricas de la revolución industrial, que muchos ingenieros

civiles pusieron su interés en el hormigón romano, cuyas glorias, aun hoy en día se tienen en pie.” (Bósela, 2018)

2.2.8 Tipos de bloque

- **Bloques sólidos:** También conocidos como bloques macizos, los cuales son pequeños y con dimensiones uniformes por lo que poseen una resistencia a la compresión excepcional, se los puede encontrar de piedra u hormigón utilizados generalmente en diques que impiden el paso del agua en ciertas zonas específicas. (Bósela, 2018)
- **Bloques huecos:** Se los conoce también como aligerados o aliviados debido a que posee áreas huecas, también tiene una alta resistencia a la compresión, pero son más livianos que los bloques macizos, lo que cual facilita su transporte e implantación en obra. (Bósela, 2018)

2.2.9 Importancia del bloque en la construcción

Los bloques han pasado a ser un elemento fundamental en la construcción ya que se los encuentra en la mayoría de las obras estructurales, no solo por el hecho de que su transporte e implantación es relativamente sencilla, sino, se debe a que posee una gran resistencia y durabilidad por lo que hoy en día se pueden encontrar importantes obras que han persistido con el tiempo. “Si los ingenieros han de ser clasificados, deben ser considerados más humanistas que científicos.” (Orozco, 2005)

- **Bloques de tamaño grande:** Es el caso de las pirámides, aunque se las puede encontrar de distintos tamaños, la pirámide de Guiza es la más impresionante la cual consta de 2.3 millones de bloques con un peso de 2.5 toneladas por bloque apilados entre sí.
- **Bloques de tamaño mediano, pequeño:** Bien se los encuentra en antiguas iglesias o en acueductos, se los encuentra en pilares y arcos todos elaborados a partir de piedra labrada colocados uno encima de otro sin ningún tipo de aglomerante.

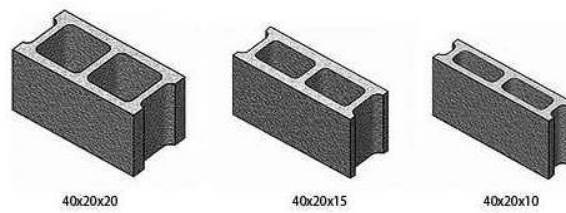


Ilustración 5. Bloques según su tamaño (Bloqueras.org, 2019)

2.2.10 Ventajas del bloque en la construcción

“La mampostería es un material de construcción ampliamente utilizado; este material se emplea con fines estructurales, especialmente en muros que deben soportar cargas verticales y horizontales.” (Fernández, Marín, Varela, & Vargas, 2009)

- Los bloques pueden ser moldeables, al ser sometidos a una fuerza de compresión puede adoptar distintas formas.
- Pueden ser almacenados fácilmente debido a que poseen una forma homogénea.
- Su transporte es sencillo ya que posee dimensiones considerablemente pequeñas.
- Al ser elementos prefabricados huecos, tienen un peso liviano que varía entre los 11 – 22 kg por unidad.
- Son versátiles ya que pueden ser usados en mampostería, muros simples o divisorios, losas aligeradas, etc.
- Su implantación en mampostería es sencilla, reduciendo de manera significativa el tiempo de construcción y pueden ser colocados a voluntad del diseñador.
- Los bloques tienen una relación; bajo costo – alta eficiencia, esto se debe a que no requieren someterse a continuos mantenimientos.
- Proporciona a la estructura un aspecto más estético, además de brindar un aspecto detallado y agradable a simple vista.

2.2.11 Consideraciones ambientales derivado de la construcción

La ingeniería civil es una rama que ayuda al desarrollo tanto económico como social en cualquier entorno que de vea involucrado, como carreteras, sistemas agua potable o en el diseño estructural, pero todas esas actividades generan una cantidad enorme de escombros los cuales causan una consecuencia ambiental grave, debido a esto cada día se buscan nuevos métodos constructivos que reduzcan la contaminación generada por en el área de ingeniería civil. “Si comparamos el plástico con otros productos, como el acero o el cemento, veremos que buena parte de estos últimos va a la construcción, por lo que tienen décadas de uso. Sin embargo, la mitad de plástico que producimos se convierte en residuo en cuatro o cinco años” (Cáceres, 2017)

2.2.12 Plástico

El plástico es un material que por más de 70 años se ha vuelto indispensable en el desarrollo de las actividades de los seres humanos. En 1950 el plástico se incorporó en la sociedad reemplazando en su momento a objetos que usaban como materia prima a la madera, hierro, cobre, etc., pasando a ser el nuevo material en revolucionar a la industria.

“El plástico es un material elaborado a partir de materiales orgánicos, sintéticos o semi-sintéticos. Se componen de elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro o azufre. Cada molécula de un fragmento de plástico contiene miles de átomos unidos que le otorgan una gran masa molecular” (HITA, 2021). Teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, el plástico tiene la capacidad de transformarse en un material sólido, por lo que se considera que este ayuda a la disminución de la cantidad de residuos que existen a nivel mundial siendo un punto importante para la protección del medio ambiente para lograr obtener un futuro sostenible.

Por otro lado, el plástico al ser un material versátil desde su origen no ha parado de evolucionar puesto que su aplicación no conoce límites y hoy en día se puede encontrar diferentes tipos de plásticos en la industria de los juguetes, automotriz, textil, farmacéutica, construcción, entre otras. “La nuestra será recordada como la era de los polímeros, el futuro pertenece a los tecno-polímeros y polímeros especiales que serán producidos a lo mejor en

cantidades un poco reducidas pero que serán esenciales para el progreso de la humanidad.”
(Flory, 1974)

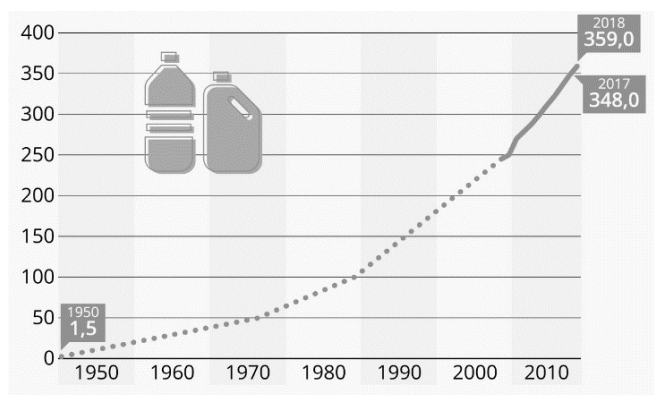


Ilustración 6. Porcentaje de plástico a nivel mundial (Moreno, 2020)

2.2.13 Porcentaje de plástico en el mundo

Desde que surgió el plástico en los años 50 tuvo una gran demanda en el mercado por lo que se estima que se produjeron alrededor de 1.5 millones de toneladas a nivel mundial de este material, pero tuvo que pasar 26 años para considerar el boom del plástico dado que en 1976 ya se producían 50 millones de toneladas, es decir, hubo un aumento en su producción del 3333.33 %; y para el año 2018 la producción de plástico alcanzó la sorprendente cantidad de 360 millones de toneladas a nivel mundial, es decir que aumentó de manera exponencial su fabricación, dando un aumento de 24000 % de producción en los últimos 70 años. “Una preocupación importante es el destino de los micro plásticos, los aditivos químicos y otros productos fragmentados, muchos de los cuales se sabe que son tóxicos y peligrosos para la salud humana, la vida silvestre y los ecosistemas.” (Organización de las Naciones Unidas, 2021)

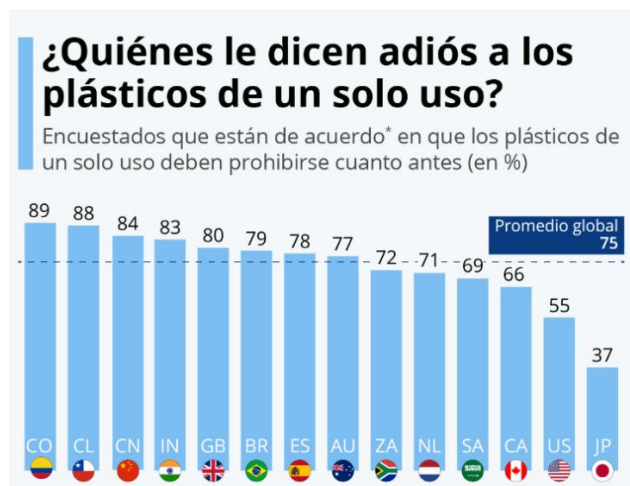


Ilustración 7. Estadística mundial para la eliminación del plástico de un solo uso (Chevalier, 2019)

Desde que surgió el plástico en los años 50 tuvo una gran demanda en el mercado por lo que se estima que se produjeron alrededor de 1.5 millones de toneladas a nivel mundial de este material, pero tuvo que pasar 26 años para considerar el boom del plástico dado que en 1976 ya se producían 50 millones de toneladas, es decir, hubo un aumento en su producción del 3333.33 %; y para el año 2018 la producción de plástico alcanzó la sorprendente cantidad de 360 millones de toneladas a nivel mundial, es decir que aumentó de manera exponencial su fabricación, dando un aumento de 24000 % de producción en los últimos 70 años. “Una preocupación importante es el destino de los micro plásticos, los aditivos químicos y otros productos fragmentados, muchos de los cuales se sabe que son tóxicos y peligrosos para la salud humana, la vida silvestre y los ecosistemas.” (Andersen, 2021)

2.2.14 Plástico en los mares

“En los últimos años, los problemas de contaminación ambiental han adquirido tal magnitud y diversidad que la sociedad ha ido tomando cada vez mayor conciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los potenciales.” (Jímenez, 2001). La producción de toneladas de plástico cada año es un problema que afecta de manera alarmante a los mares, cada cierto porcentaje que llega a estas aguas se vuelve difícil de descomponer llegando así a ser parte de la cadena alimenticia de la vida marítima.

Según la IUCN, alrededor del 2% del plástico que se produce por todo el mundo desemboca en las aguas marítimas, lo que causa que los animales que habitan en este sistema tengan una gran tasa de mortalidad, dificultad en el crecimiento y movimiento, y limitación en su reproducción; lo que conlleva a que exista la extinción de cierta parte de especies que existen en estas áreas afectadas.

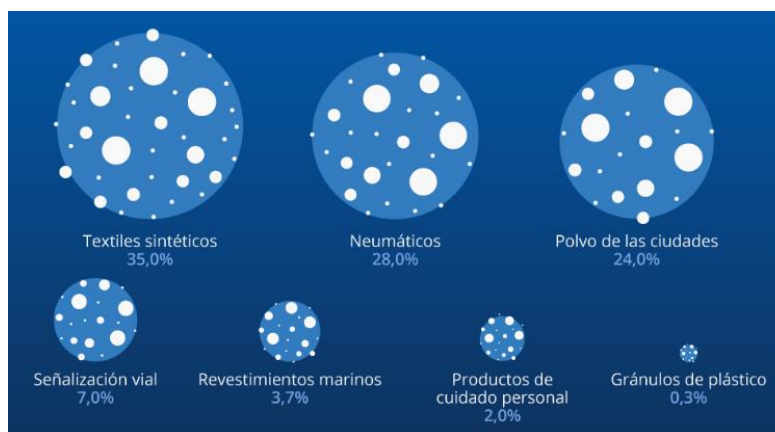


Ilustración 8. Origen de los microplásticos en los océanos (Chevalier, 2019)

2.2.15 Tipos de plástico

2.2.15.1 Según su estructura

- **Termoplásticos:** Estos son aquellos que se usan comúnmente y son un tipo de plástico que al estar expuestos a altas temperaturas llegan a fundirse permitiendo moldearlo para formar distintos objetos, mientras más uso se le dé a este, sus propiedades físicas disminuyen llegando a un punto en el se imposibilita su reutilización. Estos están compuestos por ciertos químicos como azufre, silicio, fósforo, nitrógeno, cloro y flúor en menor o mayor grado dependiendo del tipo específico de termoplástico que se trate. “Es un material blando; se hace transparente al fundirse; con frecuencia las fibras pueden fundirse a partir del fundido; sellado por calor” (Cristán, Ize, & Gavilán, 2003)
- **Termoestables:** “Estos permanecen duros; dimensionalmente estables hasta casi la descomposición químicos, normalmente contienen cargas y son opacos; sin carga son transparentes” (Cristán, Ize, & Gavilán, 2003). Estos son plásticos que se los puede fundir de igual manera a altas temperaturas, pero una vez realizado este proceso y darles

el modelo necesario no se pueden volver a fundir ya que por su composición las moléculas se entrelazan permanentemente lo que puede ocasionar que se quemem.

- **Elastómeros:** Son aquellos que como principal característica poseen elasticidad lo cual permite que estos luego de ser deformando puedan volver a su forma inicial; están compuestos por monómeros, los cuales se enlazan de manera desordenada creando cadenas. “No fluyen hasta temperaturas próximas a la descomposición química, tienen elasticidad tipo caucho y capacidad para ser estiradas” (Cristán, Ize, & Gavilán, 2003). Es casi imposible que estos se pueden disolver o derretir, por su tendencia a regresar a su estado original.

2.2.15.2 Según su dureza

“Un consumidor promedio usa diversos productos plásticos de manera cotidiana, ya sea para consumo personal (ropa, muebles, artículos de oficina, utensilios de cocina, entre otros) o a través de otras actividades productivas, como la construcción, las comunicaciones, el transporte, el almacenamiento” (Góngora Pérez, 2014)

- **Plásticos flexibles:**
 - **Celofán:** Se caracteriza por ser un material versátil, al ser transparente y flexible en la mayoría de los casos se lo usa para envolver objetos, ya sea, alimentos, adornos, regalos; aunque en usos industriales se los pueden encontrar en forma de cintas adhesivas debido a su alta resistencia a la tracción.
 - **Poliéster:** Al ser un material elástico y fácil trabajar lo vuelve apto para la elaboración de envases plásticos, aunque también se lo puede encontrar en resinas o pinturas reduciendo significativamente el proceso de secado de estas, además, al ser un material económico se lo emplea en el ámbito textil como materia prima para elaborar prendas con una alta durabilidad.
 - **Poliétileno – PE:** Es uno de los polímeros más económicos de elaborar por lo cual se estima una producción de unos 80 millones de toneladas anuales alrededor del mundo, por lo que su demanda es excesiva en productos como bolsas ya que es un material translucido y muy ligero, al ser un material que no es reactivo, es decir que no produce

efectos adversos al estar en contacto directo con los individuos, se lo utiliza en biberones y en laminas protectoras farmacéuticas, entre otros.

- **PVC – Flexible:** Es un material flexible y blando, al ser resistente al calor se lo aplica como separador de soldaduras, aunque también es usado como aislante de ruido, debido a que su transparencia se puede ajustar tiene una gran demanda en la fabricación de cortinas corredizas, además, al momento de ser mezclado con aditivos puede transformarse en PVC rígido.

- **Poliamidas – PA:** También conocido como nylon, entre sus propiedades más importantes está su alta elasticidad y dureza, por lo general se lo utiliza como fibra textil para prendas de vestir y cuerdas de montaña, puede ser sometidos a diferentes temperaturas durante intervalos prolongados de tiempo sin que se vean afectas sus propiedades mecánicas.

- **Plásticos rígidos:**

“El plástico creció de forma considerable. Tanto en productos ornamentales como para sustituir productos naturales cuya oferta limitada impedía la producción de otros productos de consumo final a gran escala, el uso del plástico desplazó al metal, las fibras naturales, la madera, y se constituyó como un bien alternativo más económico” (Góngora Pérez, 2014)

- **Polipropileno – PP:** Es considera como un material termoplástico de alta densidad ya que resiste temperaturas relativamente altas (punto de ebullición de 160° C), pero al calentarse demasiado se comporta de manera flexible y deformable hasta el que se enfría y se endurece nuevamente, sus usos van desde suministros de hospital, industria textil, recipientes de alimentos, alfombras e incluso en la industria automotriz en las cajas de baterías ya que es un excelente aislante eléctrico.

- **Tereftalato de polietileno – PET:** Generalmente su uso se enfoca en envases de bebidas no solo por el hecho de poseer gran dureza y rigidez, alta resistencia química y ser liviano, sino, que este material puede ser reciclado al 100%. También ha mostrado ser útil en la industria textil bajo un tratamiento diferente puede fácilmente reemplazar al algodón.

- **PVC – Rígido:** De igual manera el PVC es un material termoplástico al ser sometido al calor es deformable pero conforme se enfría adquiere dureza, en el ámbito de la construcción se lo utiliza como revestimiento de ventanas debido a que brinda una resistencia al fuego, comúnmente se implanta en las construcciones como tuberías de agua, aunque también es resistente a aceites, grasas, productos químicos, etc.
- **Polimetacrilato – PMMA:** Es un termoplástico transparente, duro y resistente a rayaduras, capaz de soportar unos 70 kg/m² de carga, es decir posee unas 7 veces la resistencia de rotura del vidrio. Al ser ligero y tener resistencia química lo vuelve el material perfecto en resinas odontológicas para restauraciones provisionales y dentaduras parciales ya que su implantación es por medio de calor y presión además de que reparación es sencilla.
- **Policarbonato – PC:** Este plástico se caracteriza por su gran transparencia, a pesar de que es un material bastante ligero posee una elevada resistencia a la rotura, si se hace una comparación con el vidrio, el policarbonato soporta unas 300 veces más los impactos y pesa la mitad, aunque posean el mismo espesor. Además, su manipulación y modelado es sencillo por lo que comúnmente se los utiliza como vidrios de protección, blindajes, chalecos antibalas, escudos, etc.

2.2.15.3 Según su clasificación numérica.



Ilustración 9. Tipos de plástico según su clasificación numérica (Gestores de Residuos, 2020)

“Las resinas plásticas o polímeros son cadenas largas de pequeñas moléculas repetidas, llamadas meros, que debido a sus propiedades tienen una gran variedad de aplicaciones a nivel industrial, comercial y doméstico.” (Rubiano, Pérez, Barrera, & Orozco, 2011)

- **PET – Polietileno tereftalato**

Este tipo de plástico termoplástico es generalmente usado en botellas de bebidas ya que no es tóxico, al ser resistente y liviano lo vuelve el material adecuado para almacenar líquidos, resalta por su elevada transparencia, aunque también se adapta bien a los colorantes. Es excelente contra la humedad y evita la entrada de oxígeno. Puede ser reutilizado en fibras textiles como alfombras, almohadas, etc., Por esta característica puede fácilmente reemplazar al algodón.

Reciclable: En su totalidad.

- **HDPE – Polietileno de alta densidad**

EL HDPE en sus inicios fue destinado para el uso de tuberías al ser capaz de transportar agua, aceite y algunos ácidos. Hoy en día su fabricación está destinada a envases de limpieza debido a su alta resistencia química y térmica es posible encontrarlos en botellas de detergente, cloro, champú, etc. Puede reciclarse en contenedores de basura, juguetes o muebles ya que son ligeros, pero con una considerable rigidez.

Reciclable: Al 100%, fácil de procesar para generar nuevos productos.

- **PVC – Policloruro de vinilo**

Se lo puede encontrar en forma rígida y flexible, es un material ignífugo ya que rechaza la combustión, puede estar expuesto a la intemperie durante largos periodos de tiempo sin que su composición y forma varíen, por lo general se encuentra en la construcción en tuberías, marcos de ventanas, tarjetas de crédito, entre otros. Es uno de los plásticos que más pueden causar contaminación debido a su composición a base de cloro y carbono.

Reciclable: Es reciclable pero no en su totalidad, solo se puede reciclar de manera industrial.

- **LDPE o PEBD – Polietileno de baja densidad**

Si bien presenta una baja densidad posee alta rigidez, soporta químicos y temperaturas variables características que lo convierten en el material adecuado para elaborar bolsas de sueros, botellas, plástico de burbujas para protección, envases de salsas, etc. Su fabricación es económica por lo cual su demanda es exigente hecho por lo cual genera el 20% de residuos plásticos a nivel mundial.

Reciclable: Se puede reciclar con dificultad en una nueva versión del mismo producto.

- **PP – Polipropileno**

Es un termoplástico de baja densidad con excelentes propiedades químicas y eléctricas, es fácil de moldear y liviano lo cual lo vuelve apto para envases para medicamentos y alimentos, este plástico no es tóxico y soporta hasta 135° C su reciclaje puede montarse en cajas de baterías para autos

Reciclable: Difícilmente se puede reciclar.

- **PS – Poliestireno**

Es un plástico tiene una elevada demanda en la industria alimenticia, ya que se lo encuentra en platos, cucharas, bandejas, vasos desechables al soportar temperaturas elevadas que presenta los alimentos líquidos y sólidos. Al quemarse libera químicos peligrosos por lo que se recomienda lavar y reutilizar los productos más de una vez.

Reciclable: Su reciclaje es difícil y complejo por ello se debe realizar de manera industrial.

- **Otros**

Este tipo de plástico es versátil se lo encuentra en 4 tipos: cristal, resistente a altos impactos, expandido, extrusionado. Entre sus principales características destaca que es liviano, flexible y no tóxico se lo encuentra comúnmente en CD's y DVDs, jeringas, biberones entre otros. Contiene una composición de varios de plásticos mencionados

anteriormente hecho por lo que es muy contaminante generando resinas complejas lo cual dificulta reciclarlo.

Reciclable: No se puede reciclar ni reutilizar

2.2.16 Clasificación de plásticos que pueden y no pueden reciclarse

En el 2018 alrededor de 360 millones de toneladas de plástico se produjeron en todo el mundo y se estima a China como el mayor productor de plástico a nivel mundial atribuyéndole el 30% de la producción total y un dato alarmante es que solo el 14% del plástico se recolecta para reciclar. Debido a las alarmantes cifras la Sociedad de la Industria del Plástico – “SIP” desarrollo un sistema (Código de identificación plástico) aceptado a nivel mundial, el cual identifica las resinas que contienen los plásticos por lo general ubicados en la parte inferior con números pequeños y de esta manera clasificarlos en Reciclables y No Reciclables.

"Es nuestro granito de arena, un ejemplo de esas simples medidas que empresas, Gobiernos y los ciudadanos podemos adoptar para garantizar un mundo menos contaminado. Granito a granito, la arena formará una montaña". (Goldberg, 2018)

Tabla 3. Plásticos reciclables y no reciclables

Código de identificación	Sigla	Nombre	Usado en	Reciclable
1	PET	Polietileno Tereftalato	En fibras textiles, alfombras, muebles, envases.	Si, en su totalidad
2	HDPE	Polietileno de alta densidad	Botellas de limpiadores, juguetes.	Si, al 100%

3	PVC	Policloruro de vinilo	Tuberías, cables, paneles, tapetes.	Si, pero de manera industrial
4	LDPE	Polietileno de baja densidad	Se puede procesar para generar nuevas versiones de sí mismo.	Si, pero con dificultad.
5	PP	Polipropileno	Juguetes, bolsas, recipientes, textiles, alfombras.	Difícilmente
6	PS	Poliestireno	Platos, vasos, envases desechables.	De manera industrial ya que genera toxinas.
7	-	Otros	DVD, gafas de sol, PCs.	No

2.2.17 Estudio del plástico polietileno tereftalato

“Los investigadores creen que, si se sigue produciendo plástico al ritmo actual, alrededor de 12.000 millones de toneladas de basura de plástico acabarán en los vertederos y en nuestro entorno en 2050” (Andrade, 2017). El plástico polietileno tereftalato (PET) es un termoplástico producido por la polimerización de etilenglicol con ácido tereftálico, este se compone de un alto valor calorífico y es uno de los principales empleados en la fabricación de envases y embalajes. Su uso se dio a partir de la década de los 90 siendo uno de los plásticos más producidos a lo largo de este tiempo acumulándose a una velocidad considerable en el medio ambiente; en los últimos años se ha ido incrementando su utilización debido al bajo peso que posee principalmente en la elaboración de envases,

debido a esto se ha implementado con más frecuencia en el envasado de bebidas carbonatadas y agua.

Tomando en cuenta que las propiedades y la estructura del PET le proporcionan una resistencia notable ante la biodegradación, es un material que se lo puede reciclar reiteradas veces, por lo que es importante señalar que se debe aplicar la técnica de coextrusión, la cual consiste en colocar una capa de PET reciclado entre dos capas de PET virgen, lo cual se debe analizar para comprobar que no existan migraciones de partículas del reciclado.

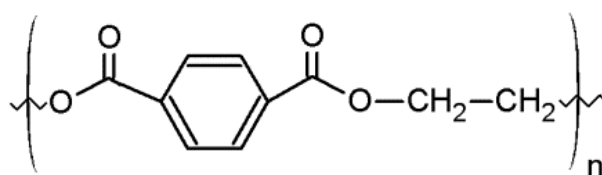


Ilustración 10. Fórmula química del PET (QuimiNet, 2005)

2.2.18 Reciclaje de plásticos en Quito

Se desechan alrededor de un millón setecientos mil botellas de plástico al día solo en la ciudad de Quito, si hacemos cuentas equivalen a 12 millones a la semana. Un dato alarmante es que apenas 250 mil botellas se reciclan.

La ciudad de Quito cuenta con numerosas plantas de reciclaje de papel, vidrio y por supuesto plástico. A pesar de que hay plantas de norte a sur de la ciudad, el tema del reciclaje es algo que no tiene relevancia alguna sobre los quiteños, se han realizado diferentes campañas, pero lastimosamente no ha tenido la acogida que se esperaba.

“Las empresas de reciclaje que reprocesan materiales plásticos deben tener en cuenta algunos aspectos que les permitan controlar lo mejor posible las diversas propiedades de los materiales reciclados” (Rubiano, Pérez, Barrera, & Orozco, 2011)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Hormigón:** Material que resulta de la mezcla de agua, arena, grava y cemento o cal, que al entrar al contacto con el agua adquiere más resistencia y se endurece con el

pasar del tiempo. “Aunque presenta una muy buena resistencia a los esfuerzos de compresión, el hormigón no reacciona de igual forma ante otras clases de esfuerzos de flexión, tracción. Por lo tanto, muchas veces se lo asocia a estructuras de acero, dando lugar al llamado hormigón armado.” (Merino M. 2018)

- **Cemento:** Es el material más utilizado en el ámbito de la construcción, formado de una mezcla de piedra caliza, arcilla; la cual es sometida a cocción y molida finamente que al entrar en contacto con el agua se solidifica. “El cemento es un conglomerante ya que permite unir diversos materiales y otorgarles cohesión mediante transformaciones de tipo químico. Si se le agrega arena y/o grava, se obtiene una mezcla llamada concreto u hormigón, muy utilizada en el ámbito de la construcción.” (Pérez Porto J. 2016)

- **Dosificación:** implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas. “Sin una dosificación adecuada del concreto este no contaría con las características esenciales para ser utilizado, y además su uso traería serias consecuencias en las construcciones y pondría en peligro la vida de personas.” (INKA, 2019)

- **Bloques:** Elementos prefabricados a base de cemento, arena y piedra molida que al entrar en contacto con el agua adquiere resistencia. “La mampostería de hormigón y arcilla se realiza con métodos que se actualizan con el paso de los años, por lo tanto, es indispensable conocer las técnicas constructivas vigentes, cumpliendo con las demandas sin sacrificar la calidad de la construcción”. (Santos E, 2011)

- **Desechos:** Cosa usada o por cualquier otra razón, no sirve a la persona para quien se hizo, es decir que una vez que cumplió su función para su usuario dejó de tener importancia, pero puede ser de beneficio para alguien más. “los desechos que no atraviesan ninguna transformación física ni química, que no son biodegradables y que no producen efectos negativos en otras materias al entrar en contacto con ellas. En otras palabras, no pueden generar contaminación ambiental ni repercutir negativamente en la salud de los seres vivos” (Gardey A, 2014)

- **Residuos:** Aquello que resulta de la descomposición o destrucción, pero pierde su utilidad debido a que ya cumplió su objetivo para el cual fue creado, bien podría emplearse el término de basura. “Son aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final” (DOF Diario Oficial de la Federación, 2003)

- **Reciclaje:** Una vez que algún material cumplió con su misión es sometido a un proceso el cual genera un nuevo producto y está apto para volver a utilizar. “El tratamiento de reciclaje puede llevarse a cabo de manera total o parcial, según cada caso. Con algunos materiales, es posible obtener una materia prima, mientras que otros permiten generar un nuevo producto.” (Pérez J, 2022)

- **Sostenibilidad:** Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente, no depende de fuentes externas para su mantenimiento o su continuidad. “Se refiere a la capacidad de poder mantener los aspectos biológicos en su productividad y diversidad a lo largo del tiempo y, de esta manera, ocuparse por la preservación de los recursos naturales.” (Declaración de Río, 1992)

- **Plástico:** Es un material sintético, obtenido por polimerización del carbono, que puede ser moldeado a voluntad al momento de ser sometido a ciertas presiones y temperaturas. “El costo reducido de fabricación, su resistencia al deterioro, la impermeabilidad y la posibilidad de colorearlos en diferentes tonos son algunos de los motivos que hacen que los plásticos sean tan populares” (Gardey A, 2013)

- **Compresión:** Es una propiedad mecánica de los materiales que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a reducir su volumen. “La compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo” (Porto J, 2017)

- **Absorción:** Es un fenómeno físico en el cual un líquido o gas se incorpora al volumen de otro elemento, a su vez se puede volver a obtener las condiciones originales del

material al momento de ser sometido al calor, se considera un fenómeno reversible. “Las interacciones polares entre el agua y las moléculas del sólido favorecen la partición del agua en el sólido, lo que puede permitir una absorción significativa de vapor de agua” (McMurry J, 2003)

- **Densidad:** Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional (kg/m³). (RAE, 2014)

CAPÍTULO 3. INTERPRETACIÓN DE LA NORMA NTE INEN 3066. BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO.

3.1 CLASIFICACIÓN

3.1.1 De acuerdo con su uso

Tabla 4. Bloques de hormigón de acuerdo con su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

Mampostería estructural. Tienen la función de brindar mayor rigidez a la edificación trabajando de manera conjunta con refuerzos verticales y horizontales, además consta con inyecciones de hormigón parciales o totales en las cavidades de los bloques, capaz de soportar cargas de gravedad, sísmicas y de viento.

Mampostería no estructural. Es capaz de soportar solo su propio peso, cumple la función de separar espacios de la edificación a convenir del diseñador, implantados en obra mediante un aglomerante (mortero).

Alivianamiento en losas. Reduce significativamente el peso total de la losa con el uso de bloques huecos o casetones plásticos, reduciendo el volumen de hormigón que se usaría en una losa maciza.

Tabla 5. Bloques de hormigón de acuerdo con su densidad y absorción de agua (NTE INEN 3066, 2016)

Tipo	Densidad (kg/m ³)	Absorción de agua máxima promedio (kg/m ³)	Absorción de agua máxima por unidad (kg/m ³)
Liviano	< 1680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	> 2000	208	240

3.1.2 De acuerdo con su densidad y absorción de agua

Densidad del hormigón: Es la relación entre la masa del hormigón y el volumen, generalmente la densidad del hormigón es de 2400 kg/m³

3.2 REQUISITOS

3.2.1 Dimensiones

Las dimensiones de altura, ancho y largo de los bloques pueden variar ± 3 mm.

- Para los bloques de tipo B y C, no estructurales y alivianamiento de losas respectivamente, el espesor de paredes y losas debe ser mínimo de 13 mm.
- Las dimensiones de los tabiques, paredes y juntas deben ser especificadas por el fabricante, garantizando que el largo sea mayor que el ancho.

Tabla 6. Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón (NTE INEN 3066, 2016)

Dimensiones modulares (nM)			Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones nominales (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	400	300	200	390	290	190
3	2	2,5	300	200	250	290	190	240
2	1	1	200	100	100	190	90	140

Donde: nM es el número de medidas modulares

Nota: La tabla que precede es un ejemplo, se basa en las juntas de 10 mm y una medida modular M igual a 100 mm, y muestra algunas combinaciones tanto en largo, ancho y altura.

Tabla 7. Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A (NTE INEN 3066, 2016)

Ancho modular del bloque (mm)	Espesores mínimos de paredes y tabiques (mm)		Área mínima normalizada de tabiques (mm ² /m ²)
	Paredes	Tabiques	
≤ 100	19	19	45140
101 a 150	25	19	45140
> 150	32	19	45140

3.2.2 Aspectos visuales y marcas

Al momento de que el fabricante entregue un lote de bloques, no debe tener más del 5% de unidades con fallas, las cuales implican:

Unidades rotas, fisuras con un ancho de 0.5 mm, longitudes mayores al 25% de la altura modular y despostillados de en las caras del bloque 2.5 cm.

Los bloques deben estar marcados e identificados de acuerdo con su clase, con marcas permanentes y legibles.

3.2.3 Resistencia a la compresión simple

La preparación de las muestras y métodos de ensayo se muestran en el Anexo E.

Tabla 8. Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón (NTE INEN 3066, 2016)

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (Mpa)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
1 Mpa = 10.2 kg/cm ²			

3.2.3.1 Muestreo

Cada lote debe prepararse previo a sus respectivos ensayos, se debe registrar datos de ancho, altura y largo.

Tabla 9. Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada (NTE INEN 3066, 2016)

Propiedad	Número de bloques
Dimensiones	3°
Aspectos visuales	Lote completo
Absorción, densidad y otros	3
Resistencia a la compresión simple	3
<p>° Estos bloques, luego de haber sido utilizados para la determinación de las dimensiones, pueden ser usados en los otros ensayos, siempre y cuando no hayan sufrido alteraciones.</p>	

CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN (BLOQUE) Y ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA FÁBRICA DE BLOQUES.

Los bloques a base de polietileno tereftalato (PET) triturado se realizaron en la fábrica de bloques “Bloques Ecuador” ubicada en el Sur de la ciudad de Quito, Ecuador. En el sector Monserrat por la antigua vía Quito – Conocoto entre 10 a 15 minutos de la Loma de Puengasí, por la Av. Simón Bolívar. La fábrica de bloques “Bloques Ecuador” cuenta con más de 8 años brindando ladrillos y bloques de calidad al por mayor y menor.

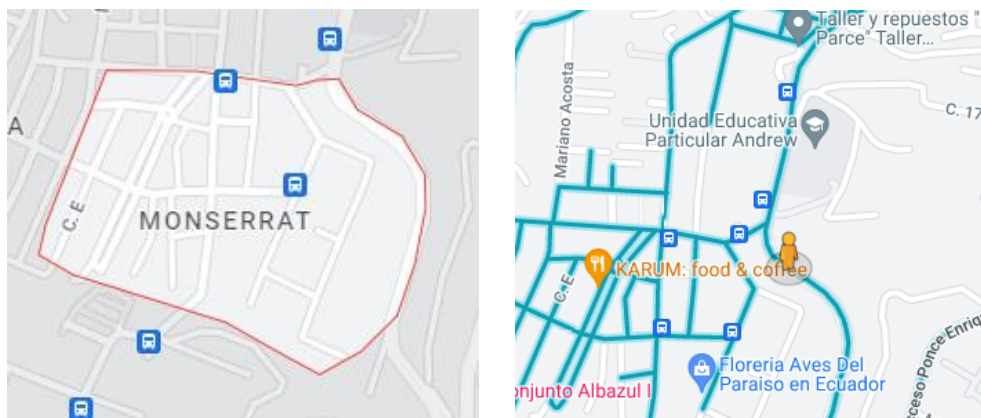


Ilustración 11. Ubicación y localización de fábrica de bloques

4.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES – PUCE.

Los ensayos del bloque PET se realizaron en la en base a la Norma NTE INEN 3066, en el laboratorio Resistencia de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador ubicada en la ciudad de Quito, en la Av. 12 de octubre y Alfredo Mena Caamaño. El laboratorio de la PUCE es uno de los más modernos del país ya que cuenta con equipos y herramientas especializadas para realizar ensayos de compresión, flexión, granulometría, contenido de humedad, entre otros., cuyos resulta

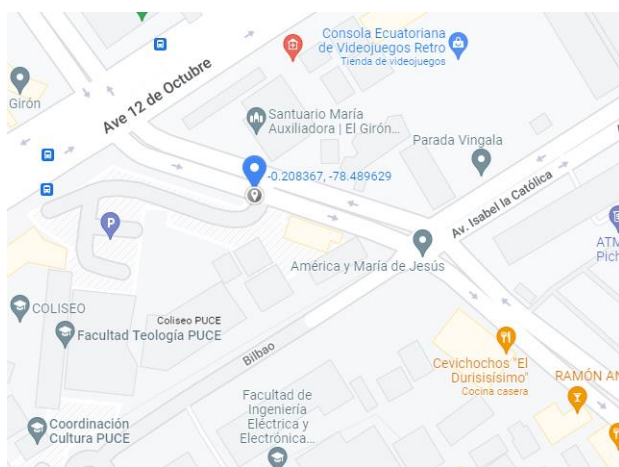


Ilustración 12. Ubicación y localización del laboratorio de resistencia de materiales

4.3 OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE PET

4.3.1 Plástico N°1: Polietileno tereftalato

4.3.1.1 Recolección y almacenamiento

El plástico tipo PET fue recolectado personalmente cada que se presentaba la oportunidad en las distintas actividades cotidianas, además, se contó con ayuda de externos (familiares) para poder almacenar una mayor cantidad de plásticos en el menor tiempo posible. La recolección y almacenamiento de dicho plástico se realizó aproximadamente durante 3 meses previo a su trituración.

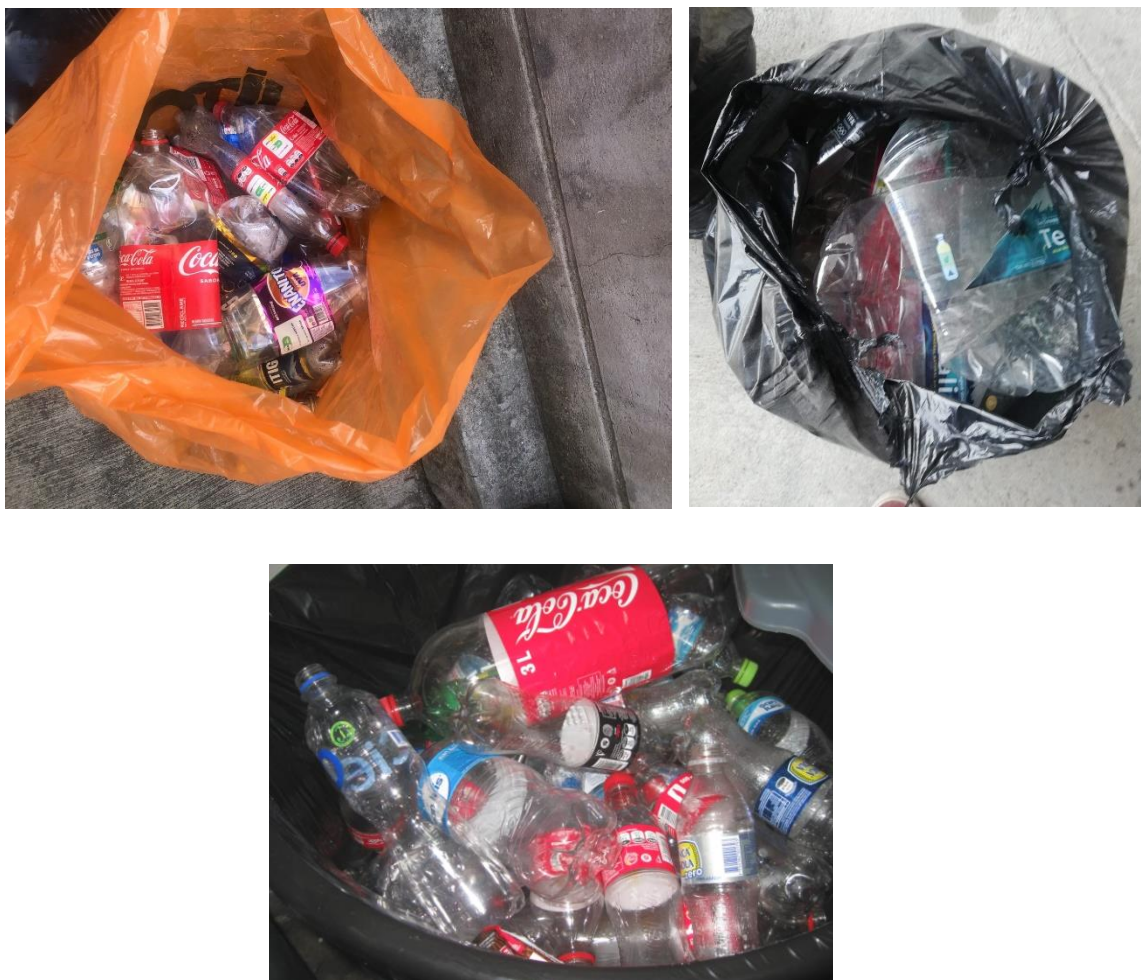


Ilustración 13. Recolección de botellas PET

4.3.1.2 Trituración de las botellas

El plástico recolectado fue de un total de 29 kg, la ciudad de Quito cuenta con numerosas plantas de reciclaje de plástico, pero no todas cuentan con los equipos necesarios para triturar dicho material. La “Recicladora - El Inca” ubicada en la Av. El Inca y Palmeras fue el sitio donde se realizó el proceso de trituración de las botellas PET, se utilizaron sus instalaciones ya que cuenta con equipos y maquinaria adecuada para triturar los plásticos en diferentes tamaños.



Ilustración 14. Trituración de botellas PET

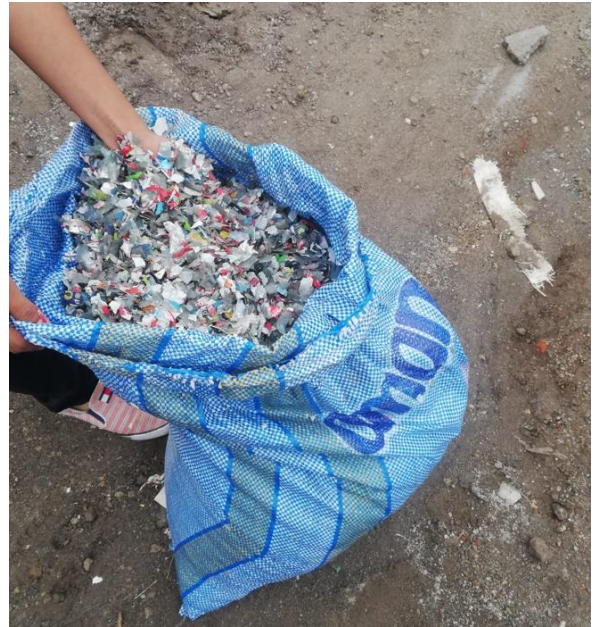


Ilustración 15. Transporte del PET triturado hacia la planta de bloques

4.3.2 Agregado fino – arena, polvo azul y cemento

“Bloques Ecuador” recibe el agregado fino y cemento de proveedores locales los cuales descargan la materia prima cada 2 – 3 meses, ya que tiene convenios con empresas aledañas a la fábrica de bloques por lo cual se evitan gastos innecesarios en el transporte de material.



Ilustración 16. Obtención de los agregados para el bloque

4.3.3 Agua

El agua para la realización de bloques fue tomada directamente del Sistema de Distribución de la ciudad de Quito, a cargo de la EMPRESA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO – EPMAPS, la cual tiene una calidad del agua potable del 100% y consta con un Sello de Calidad con certificación INEN 1108.

4.4 DOSIFICACIÓN DEL BLOQUE PET.

El proyecto para realizar bloques a base de polietileno tereftalato PET es de tipo investigativo – experimental, por lo cual no se puede definir exactamente una dosificación adecuada para alcanzar la resistencia máxima de los bloques estructurales y no estructurales, por esta razón se espera obtener una dosificación que cumpla con los requisitos mínimos para bloques de alivianamiento Tipo C.

Las muestras de bloque PET se basaron en el proceso tradicional para la fabricación de los bloques convencionales, para posteriormente ser sometido a distintos ensayos para

analizar si los nuevos especímenes cumplen con los procedimientos y estándares que exige la norma NTE INEN 3066.

Las dosificaciones de los bloques PET no llevan ningún tipo de aditivo o plastificante que mejore la mezcla de hormigón, debido a que se busca obtener un bloque de características similares a las del bloque tradicional, pero con un menor costo en su fabricación. Para determinar una correcta consistencia en obra se puede tomar una muestra y apretarla con fuerza en la mano, si al abrir la mano la mezcla se mantiene es apta para formar bloques

Tabla 10. Dosificación del bloque PET

Cantidad	Mezcla	Agua (litros)	Cemento (Kg)	Arena (kg)
60 bloques	1	40	50	150
120 bloques	2	80	100	300
240 bloques	3	160	200	600
480 bloques	4	320	320	1200
960 bloques	5	640	800	2400

Tabla 11. Dosificaciones representativas del bloque PET

Dosificaciones representativas Bloque PET						
Muestra	Cant. bloque promedio	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Agua (litros)	%PET	Mezcla (m3)
1	12	10	25	8	25	0,25
2	12	10	27,5	8	20	0,25
3	12	10	30	8	15	0,25

4.5 FABRICACIÓN Y CURADO DE LOS BLOQUES PET

En la mezcladora se coloca la arena, piedra azul, cemento durante unos 5 minutos a velocidad constante. Posteriormente se incorpora el plástico triturado y el agua hasta obtener una mezcla uniforme y consistente. La mezcla se traspasa a la bloquera (prensadora) la cual por efecto de vibración de acomoda el material en los moldes de 10 y 15 cm de espesor. Se enrasa el material excede y se compacta para formar el bloque.

Una vez los bloques estén listos se los deja reposar durante 24 horas en la zona de curado, este curado se lo puede realizar aplicando agua directamente sobre los bloques, o se puede cubrir los prefabricados con un plástico logrando así que la humedad interior se mantenga y no se evapore directamente por acción del sol.



Ilustración 17. Preparación de la mezcla



Ilustración 18. Fabricación del bloque

4.6 MAQUINARIA REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES PET.

4.6.1 Trituradora de plástico

“Recicladora – El Inca” cuenta con 2 máquina para triturar plásticos. La primera es una trituradora pequeña con capacidad de triturar una botella aplastada a la vez, arrojando tiras de plástico del tamaño de la botella. La segunda trituradora tiene mucha más capacidad en la cual se deposita las tiras de las botellas con el fin de reducirlas a fragmentos más pequeños para ser agregados a la dosificación de los bloques PET



Ilustración 19. Maquinaria de trituración

4.6.2 Mezcladora

La mezcladora cuenta con capacidad para 1 m³ de material, su velocidad puede ser ajustada para que incorpore de manera uniforme los materiales que componen el bloque. Una mezcladora con esa capacidad rinde para la fabricación entre 60 a 80 bloques, cuenta con una escotilla inferior para liberar la mezcla.



Ilustración 20. Maquinaria de mezcla

4.6.3 Prensadora de bloques

Consta con una plancha vibradora, la cual acomoda el material en los moldes removibles. Una vez el material este en los moldes se quita el exceso con un enrasador y se compacta la mezcla del bloque. En el base de la máquina cuenta con un pisador y expulsador removible



Ilustración 21. Prensadora de bloques

CAPÍTULO 5. ENSAYOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Los ensayos realizados en el “Laboratorio de Resistencia de Materiales - PUCE”, se efectuaron en base a la norma NTE INEN 3066. BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO, para determinar si cumple con la resistencia a compresión, porcentaje de absorción de agua, contenido de humedad, entre otros.

5.1 ENSAYOS

Los lotes de bloques fueron trasladados al laboratorio, se fabricaron bloques al 15% y 20% de PET contenido y con tamaños: 10x20x40 y 15x20x40, para determinar si cumple con los requerimientos que exige la norma.

5.1.1 Ensayo de granulometría – arena

Los agregados se clasifican en finos y gruesos, como un breve resumen los áridos gruesos son los que se retienen en el tamiz # 4 (tamaño mayor a 4.75mm), por otro lado, lo áridos finos son los pasantes al tamiz # 4 y a su vez son retenidos en el tamiz # 200 (es decir 0.075 mm).

- **Granulometría árido fino**

Tabla 12. Tamizado árido fino

Tamizado normado ASTM	% Pasa	% Retenido
3/8	100,00	0,00
# 4	96,00	4,00
# 8	71,00	25,00
# 30	55,00	16,00
# 50	39,60	15,40
# 100	13,00	26,60
# 200	2,30	10,70

5.1.2 Ensayo tamaño máximo nominal – plástico triturado

Tabla 13. Tamaño máximo nominal del plástico

Tamizado normado ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido	% R. Acumulado	% Pasa
# 4	4.750	21.80	16.91	16.91	83.09
# 8	2.000	52.80	40.96	57.87	42.13
# 30	0.850	41.20	31.96	89.84	10.16
# 50	0.425	11.40	8.84	98.68	1.32
# 100	0.150	1.70	1.32	100.00	
# 200	0.075	0.00			
Total		128.90	100.00		

Para las partículas de plástico triturado se buscó en lo posible obtener tamaños que pasen el tamiz #4, es decir, que se asemeje en lo más posible a las características del agregado fino (arena), debido a que dicho material corresponde entre el 65 y 70 % de la mezcla del bloque.

5.1.3 Ensayo de resistencia a compresión

Los prefabricados de hormigón en base a PET tienen como objetivo cumplir la resistencia a la compresión de los bloques Tipo C, los cuales son usados en aliviamientos y deben tener resistencia mínima de 1.4 MPa según la norma NTE INEN 3066.

Esta resistencia se mide al aplicar una fuerza perpendicular sobre el prefabricado y se carga con velocidad constante a través de una prensa hidráulica, con el fin de registrar la capacidad máxima de carga hasta su colapso.

Las muestras de los bloques han sido ensayadas a los 28 días, por lo que se estima que ha alcanzado su resistencia máxima. Los resultados de carga son expresados en Newtons (N). Y la resistencia máxima debe ser calculada y expresada en MPa.

5.1.3.1 Realización del ensayo

- Se etiquetan las unidades de manera que facilite la identificación y el registro de datos.
- Se registran valores de ancho, largo y altura, además, de las dimensiones de las paredes y tabiques de cada unidad.
- Previo a ser ensayado se coloca tablones de madera sobre la muestra y se coloca una placa metálica de manera que se ajuste al centro del bloque.
- Se ajusta la máquina de ensayo de manera que este al ras de la placa metálica. Y se procede a cargar a velocidad constante hasta su punto de quiebre.
- Registrar el valor y realizar el mismo proceso para cada unidad.



Ilustración 22. Registro de dimensiones del bloque



Ilustración 23. Preparación de las muestras



Ilustración 24. Resultados de bloques sometidos a cargas

5.1.3.2 Interpretación de resultados – bloque pet.

Ecuación 1. Área bruta

$$\text{Área bruta (Ag), (mm}^2\text{)} = l \times a$$

Ecuación 2. Resistencia a compresión del área bruta

$$\text{Resistencia a la compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_g}$$

- **Primera dosificación – 20% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 14. Resistencia a los 7 días del bloque PET

Resistencia a la compresión						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
P_{máx} (N)	14995	15473	15258	29525	39215	39918
largo prom. (mm)	401	400	400	401.5	401.5	402.5
ancho prom. (mm)	100	100	100	150	150.5	150.5
Ag (mm²)	40100	40000	40000	60225	60425.8	60576.3
Resistencia_Ag (Mpa)	0.37	0.39	0.38	0.49	0.65	0.66

En la primera dosificación se ensayó bloques de 10 y 15 cm con un 20% de PET en la mezcla. Dichos bloques fueron sometidos a compresión a los 7 días de su elaboración por lo que se considera que habrá alcanzado del 60 – 65 % de su resistencia total. Debido a que la mayoría de las muestras resultaron defectuosas, las cuales se fragmentaron al momento de su traslado se consideró una reducción del 5% de PET en la próxima dosificación a ensayar.

- **Segunda dosificación – 15% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 15. Resistencia a los 28 días del bloque

Resistencia a la compresión						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
P_{máx} (N)	35252	32822	60214	143752	141721	130393
largo prom. (mm)	399.5	400	399.5	403.5	404.5	404.5
ancho prom. (mm)	100	100	100	150	150.5	150.5
Ag (mm²)	39950	40000	39950	60525	60877.3	60877.3
Resistencia_Ag (Mpa)	0.88	0.82	1.51	2.38	2.33	2.14

Los dos lotes de bloques fueron ensayadas a los 28 días, por lo que se estima que ha alcanzado el 99% de su resistencia.

Los bloques de 10 y 15 cm de espesor se diseñaron para cumplir la resistencia mínima a compresión de Clase C es decir su uso va a enfocado a alivianamientos con una capacidad de 1.4 MPa.

En los bloques de 10 cm de espesor se utilizó un porcentaje de 15 % de PET y 27.5 kg de arena cuya dosificación no resulto adecuada. De los 3 ensayos realizados, solo un bloque obtuvo la resistencia de 1.51 MPa, lo que significa que el lote cumple con los estándares mínimos para usarse en alivianamientos como exige la norma NTE INEN 3066.

En los bloques de 15 cm se usó una dosificación similar, de PET en un 15% y se aumentó la cantidad de arena a 30 kg. Todos los bloques tuvieron un comportamiento mejor de esperado alcanzando resistencias de 2.38, 2.33 y 2.14 MPa

5.1.4 Ensayo para determinar el porcentaje de absorción de agua, densidad y vacíos de aire.

5.1.4.1 Realización del ensayo

Los bloques de 10 y 15 cm se pesaron tal como se recibieron en el laboratorio y se tomó datos de altura, ancho y largo. Posteriormente se los coloco en un estanque lleno por 24 horas.

- **Para el peso sumergido:**

Una vez pasadas las 24 horas, se colocó un estante metálico sobre el cual fijo una balanza con un cable galvanizado capaz de aguantar un soporte.

El soporte debe estar flotando libremente en el estanque, sobre el cual se coloca las muestras de bloque y se deja reposar por aproximadamente de 3 a 4 minutos para que se estabilice, una vez estabilizado se registra el peso sumergido de cada una de las muestras.



Ilustración 25. Determinación de la masa sumergida

- **Para el peso saturado:**

Pasadas las 24 horas sumergida se procede a sacar del estanque.

Las muestras se dejan reposar durante 2 minutos sobre una superficie limpia, y se procede a pasar un paño seco para quitar el excedente de agua de las muestras. Se coloca en una balanza y se registra el valor del peso saturado.

Finalmente, se lleva las muestras a un horno con temperatura constante y se deja reposar durante otras 24 horas. Una vez cumplido el tiempo se coloca en la balanza y se registra el valor del peso secado al horno.



Ilustración 26. Determinación de la masa saturada



Ilustración 27. Colocación de bloques en el horno

5.1.4.2 Interpretación de resultados de porcentaje de absorción de agua y volumen de vacíos- bloque PET.

Ecuación 3. Determinación de absorción de agua

$$\text{Vol. vacíos, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} * 100$$

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} * 100$$

- **Primera dosificación – 20% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 16. Resultados de absorción de agua del bloque PET al 20%

Vol. Vacíos y Absorción de agua (%)						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Ms (saturada)	9.86	9.88	9.91	14.83	14.87	14.84
Mi (sumergida)	4.93	4.95	4.92	7.56	7.51	7.55
Md (secada al horno)	8.33	8.29	8.31	12.84	12.87	12.92
Vol. vacíos (%)	31.03	32.25	32.06	27.37	27.17	26.34
Absorción %	18.37	19.18	19.25	15.50	15.54	14.86

El lote de bloques con 20% de PET en su dosificación se obtuvo un volumen de vacíos promedio de 31.78 % y 26.96 % para los bloques de 10 y 15 cm respectivamente. Según Yukari Aoki en su publicación “DEVELOPMENT OF PERVIOUS CONCRETE” menciona que se debe considerar un volumen de vacíos entre el 15 y 25 %, por lo tanto, la primera dosificación no cumple con los parámetros.

- **Segunda dosificación – 15% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 17. Resultados de absorción de agua del bloque PET al 15%

Vol. Vacíos y Absorción de agua (%)						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Ms (saturada)	9.42	9.64	9.51	14.12	13.15	14.25
Mi (sumergida)	3.97	4.14	4.1	7.03	5.78	7.11
Md (secada al horno)	8.02	8.24	8.1	12.53	11.37	12.67

Vol. vacíos (%)	25.69	25.45	26.06	22.43	24.15	22.13
Absorción %	17.46	16.99	17.41	12.69	15.66	12.47

El lote de bloques de 10 cm de ancho tiene una absorción promedio de 17.28 %, por otro lado, el lote de bloques huecos PET de 15 cm de ancho tiene una absorción promedio de agua del 13.6 %. Según las especificaciones de la norma NTE INE 642 – Requisitos de bloques huecos de hormigón; la absorción promedio por lote no debe ser mayor al 15 %.

Considerando que el volumen de vacíos de un hormigón de calidad debe oscilar en un rango del 15 – 25 %, todas las muestras cumplen con los parámetros en consecuencia todas las muestras de bloques PET al 15 % en su dosificación son adecuadas para usarse como alivianamiento.

5.1.4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD – BLOQUE PET.

Ecuación 4. Determinación del contenido de humedad

$$\text{Contenido de humedad, (\%)} = \frac{Mr - Md}{Ms - Md} * 100$$

- **Segunda dosificación – 15% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 18. Resultados de contenido de humedad del bloque PET

Contenido de humedad (%)						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Mr (como se recibe)	8.97	9.19	9.14	12.77	11.61	12.91
Md (secada al horno)	8.02	8.24	8.1	12.53	11.37	12.67
Ms (saturada)	9.42	9.64	9.51	14.12	13.15	14.25
Cont. Humedad %	67.86	67.86	73.76	15.09	13.48	15.19

Los bloques de 15 cm tienen un contenido de humedad alrededor de 13 a 15%, la muestra N.3 presenta un mayor porcentaje y se debe a que la muestra contenía zonas saturadas de agua previo a llegar al laboratorio, lo cual incremento su peso y es un factor para que su contenido de humedad varíe del resto del lote.

5.1.4.4 Interpretación de resultados de densidad – bloque PET.

Ecuación 5. Determinación de densidad

$$Densidad (D), \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Md}{Ms - Mi} * 1000$$

- **Segunda dosificación – 15% PET: Bloque de 15 y 10 cm.**

Tabla 19. Densidad del bloque PET

Densidad (kg/m3)						
	BLOQUE DE 10 cm			BLOQUE DE 15 cm		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Md (secada al horno)	8.02	8.24	8.1	12.53	11.37	12.67

Ms (saturada)	9.42	9.64	9.51	14.12	13.15	14.25
Mi (sumergida)	3.97	4.14	4.1	7.03	5.78	7.11

Densidad, (kg/m³)	1471.56	1498.18	1497.23	1767.28	1542.74	1774.51
-------------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Según especifica la norma NTE INEN 3066, los bloques se clasifican en livianos, medianos y normales dependiendo de los valores de densidad.

Los bloques de 10 x 40 x 20 arrojaron valores entre 1470 – 1497 kg/cm³, lo cual los clasifica como livianos ya que la norma indica que para densidades menores a 1680 kg/cm³ entra dentro ese grupo.

En el rango de 1680 – 2000 kg/cm³ se encuentran los bloques medianos, según los estudios realizados el lote de bloques de 15 x 40 x 20 se encuentran dentro de dicho rango, puesto que los valores de densidad se encuentran entre 1500 – 1770 kg/cm³.

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. BLOQUE TRADICIONAL – BLOQUE PET

Para comparar la resistencia a la compresión del bloque tradicional se tomó muestras de 10 x 20 x 40. Las cuales arrojaron los siguientes valores.

- **Resistencia a la compresión bloques tradicionales.**

Tabla 20. Resistencia a los 28 días bloque tradicional

Bloque 10x20x40			
Muestra N°	1	2	3
P_{máx} (N)	45442	42606	58344
largo prom. (mm)	402	403.1	401.9
ancho prom. (mm)	100.8	101	101.6
Ag (mm²)	40521.6	40713.1	40833.04

Resistencia_Ag (Mpa)	1.12	1.05	1.43
-----------------------------	------	------	------

El promedio de los bloques a base de PET fue de 1.07 MPa, es decir que los resultados no tienen una variación significativa al momento de ser sometidos a compresión. El promedio para los bloques tradicionales es de 1.2 MPa. Sin embargo, los 2 lotes de bloques ensayados no cuentan con la capacidad promedio para ser utilizados como alivianamiento ya que deben tener un promedio de 1.7 MPa según lo que indica la norma NTE INEN 3066.

5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS. BLOQUE TRADICIONAL – BLOQUE PET.

Mediante el análisis de APUs se logró obtener valores de mano de obra, equipos y materiales, información necesaria con la que se puede calcular el precio de fabricación y precio de los bloques considerando el alto mercado que existe en el medio. Y de esta manera comparar si los bloques a base de polietileno tereftalato PET tiene una disminución en su precio unitario.

5.3.1 Presupuesto bloque tradicional

- **Equipo**

Tabla 21. Presupuesto del equipo para bloque tradicional

Descripción	Cantidad (C)	Costo (T)	Costo Horario (CxT)	Rendimiento (R)	Costo C/R
Herramientas menores (5% de la mano de obra)	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
Mezcladora	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
Prensadora	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
				Subtotal	\$ 0.007

- **Mano de obra**

Tabla 22. Presupuesto de mano de obra para bloque tradicional

Descripción	Cantidad (C)	Costo (T)	Costo Horario (CxT)	Rendimiento (R)	Costo C/R
Albañil	2	\$ 3.26	\$ 6.52	90	\$ 0.04
Guardia	1	\$ 3.30	\$ 3.30	90	\$ 0.04
				Subtotal	\$ 0.07

- **Materiales**

Tabla 23. Presupuesto de materiales para bloque tradicional

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	34.5	\$ 0.160	\$ 5.42	
Arena	kg	196	\$ 0.010	\$ 1.96	
Agua	litros	40	\$ 0.0003	\$ 0.01	
				Subtotal	\$ 7.49

- **Costos Indirectos**

Tabla 24. Costos indirectos bloque tradicional

Total Costos Indirectos	\$ 7.49
Otros indirectos (luz)	\$ 0.40
Costo Total del Rubro	\$ 7.89

- **Precio Bloque Tradicional**

Tabla 25. Precio bloque tradicional

Rendimiento (bloque x hora)	90
Precio de elaboración	\$ 0.10
Precio Sugerido	\$ 0.30
Precio x unidad	\$ 0.40

5.3.2 Presupuesto bloque PET

- **Equipo**

Tabla 26. Presupuesto de equipo para bloque PET

Descripción	Cantidad (C)	Costo (T)	Costo Horario (CxT)	Rendimiento (R)	Costo C/R
Herramientas menores (5% de la mano de obra)	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
Mezcladora	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
Prensadora	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
Trituradora	1	\$ 0.20	\$ 0.20	90	\$ 0.002
				Subtotal	\$ 0.009

- **Mano de obra**

Tabla 27. Presupuesto de mano de obra para bloque PET

Descripción	Cantidad (C)	Costo (T)	Costo Horario (CxT)	Rendimiento (R)	Costo C/R
Albañil	2	\$ 3.26	\$ 6.52	90	\$ 0.04
Guardia	1	\$ 3.30	\$ 3.30	90	\$ 0.04
				Subtotal	\$ 0.07

- **Materiales**

Tabla 28. Presupuesto de materiales para bloque PET

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	34.5	\$ 0.160	\$ 5.52	
Arena	kg	196	\$ 0.010	\$ 1.96	
Agua	litros	40	\$ 0.0003	\$ 0.01	
PET	kg	13.6	\$ 0.0020	\$ 0.03	
				Subtotal	\$ 7.52

- **Costos Indirectos**

Tabla 29. Costos indirectos bloque PET

Total Costos Indirectos	\$ 7.52
Otros indirectos (luz)	\$ 0.40
Costo Total del Rubro	\$ 7.92

- **Precio Bloque PET**

Tabla 30. Precio bloque PET

Rendimiento (bloque x hora)	100
Precio de elaboración	\$ 0.08
Precio Sugerido	\$ 0.30
Precio x unidad	\$ 0.38

5.4 RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 31. Resumen de resultados al 20% del PET a los 7 días

	Bloque PET de 10			Bloque PET de 15		
Resistencia Ag (Mpa)	0.88	0.82	1.51	2.38	2.33	2.14
Absorción %	17.46	16.99	17.41	12.69	15.66	12.47
Vol. Vacación %	31.03	32.25	32.06	27.37	27.17	26.34
Cont. Humedad %	67.86	67.86	73.76	20.75	13.48	15.19
Densidad, (kg/m3)	1471.56	1498.18	1497.23	1767.28	1542.74	1774.51

Tabla 32. Resumen de resultados al 15% del PET a los 28 días

	Bloque tradicional de 10			Bloque PET de 10			Bloque PET de 15		
Resistencia Ag (Mpa)	1.12	1.05	1.43	0.88	0.82	1.51	2.38	2.33	2.14
Absorción %	17.6	17.3	17.52	17.46	16.99	17.41	12.69	15.66	12.47
Cont. Humedad %	68.4	67.3	67.24	67.86	67.86	73.76	20.75	13.48	15.19
Densidad, (kg/m3)	1476.45	1481.33	1488.376	1471.56	1498.18	1497.23	1767.28	1542.74	1774.51

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se diseñó dos mezclas con diferente porcentaje de plástico triturado en el bloque; la primera dosificación de bloques PET al 20%, se ensayó a los 7 días obteniendo resultados de resistencia a la compresión promedio de 0.38 y 0.6 MPa para los bloques de 10 y 15 cm respectivamente, tal como lo muestra la Tabla 11. Además, el volumen de vacíos oscila entre el 26 – 32 % tal como lo muestra la Tabla 13, cuando los rangos de un hormigón adecuado deben estar en 15 – 25 %. Por estas razones la dosificación con 20% de PET no es eficiente.

Se determinó la resistencia a la compresión de los bloques PET al 15 % según la Tabla 14. el lote de bloques de 10 cm de ancho no cumplió con los estándares mínimos establecidos en la norma, debido a que su resistencia promedio es de 1.07 MPa cuando lo mínimo que establece la norma es de 1.7 MPa, por lo que se debe descartar dichos elementos. Los bloques PET de 15 cm cumplieron satisfactoriamente con los requisitos para ser clasificados como TIPO C y usarse en alivianamientos, con un promedio del lote igual a 2.28 MPa superando por mucho los 1.7 MPa que exige como mínimo la Norma NTE INEN 3066. A pesar de tener una resistencia excedente el lote de muestras de 15 cm no puede ser considerados dentro del grupo de “Bloques No Estructurales – TIPO B” ya que no alcanza el promedio de resistencia a la compresión simple de 4 MPa según indica la norma.

Al determinar el porcentaje de absorción de agua de acuerdo con la norma NTE INE 642 no debe exceder del 15 %, si nos enfocamos en los bloques de 15 x 40 x 20 las muestras cumplen con dicho requisito tal como se muestra en la Tabla 15. teniendo una variación que no es significativa debido a su alto peso al momento de llegar al laboratorio, ya que los bloques no fueron correctamente cubiertos y previo a ser ensayados en laboratorio estuvieron expuestos directamente a la lluvia que ocurrió en el sector. Por lo cual es importante proteger los bloques de agentes externos durante el tiempo que pase en el lugar de almacenamiento de bloques.

Al momento de comparar la resistencia a la compresión de los bloques tradicionales y los bloques PET, se determinó que alcanzan sin problema la resistencia adecuada para usarse en

alivianamientos, sin embargo, realizar bloques PET implica mayor trabajo al transportar el material triturado, generar mayores muestras en el mismo tiempo, entre otros aspectos. Por lo que daría igual adquirir cualquiera de los dos bloques, pero se debe considerar que uno de ellos cuenta en su estructura con plásticos que si no hubiesen sido incorporados en la mezcla tardarían alrededor 500 años en descomponerse en el ambiente.

El plástico PET triturado según la Tabla 10. Tamaño máximo nominal del plástico, alcanzó unas características similares a las de la arena, debido a que paso en un 83.09 % el tamiz #4 de su masa total, es decir, que el agregar plástico triturado en la dosificación de bloques no afecta la resistencia de compresión de estos.

El costo de producción de los bloques tradicionales varía en el mercado entre 35 a 41 centavos por unidad, un albañil promedio es capaz de producir 800 unidades en un día. La elaboración de los bloques a base de polietileno tereftalato tiene una reducción de 3 a 4 centavos por unidad, sin embargo, para poder notar esta pequeña reducción en el costo implica que el trabajador debe producir alrededor de 100 bloques en una hora tal como se muestra en la Tabla 27. lo cual provoca un mayor esfuerzo y desgaste físico para el empleado.

A pesar de que no existe variación brusca en la capacidad de compresión simple entre los bloques PET y los bloques tradicionales, las personas en su mayoría optará por preferir prefabricados convencionales, ya sea por referencias de calidad o experiencias propias. Por más que los bloques PET poseen características similares la competencia en el mercado es complicada ya que las personas buscarán productos eficientes y confiables a un bajo costo. Por lo que se recomienda realizar campañas para incentivar el reciclaje mostrando que se puede generar productos nuevos de calidad derivados del plástico desechado.

6.2 RECOMENDACIONES

Al momento de curar los bloques es recomendable utilizar el método de cubierta con plástico, ya que de esta manera se asegura que la humedad de los prefabricados se mantenga y no se evapore al estar directamente expuestos al ambiente. Si se desea curar los bloques con el método de aspersión de agua es recomendable que se tenga un control minucioso, ya

que en ocasiones el clima no es favorable y las lluvias provocan que los prefabricados se saturen y no sean capaces de generar su máxima resistencia.

Es recomendable adquirir hábitos de reciclaje, por ejemplo, el plástico triturado resulto de manera exitosa en la resistencia de bloques, por lo que se estima que puede ser aplicado en distintos prefabricados de hormigón como adoquines y ladrillos, si bien las resistencias de dichos elementos no se van a ver afectadas, podemos contribuir a que el exceso de plástico en el mundo se reduzca significativamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, I.J. (1985). *Materiales de Construcción*. La Habana: ediciones.
- ASTM. (2005). *Apuntes de Ingeniería Civil*. Recuperado el 2016 de: <http://apuntesingenierocivil.com/2010/10/tipos-de-cemento-portland.html>
- Beltrán, M. (2011). Tema 2. Tipos de plásticos, aditivación y mezclado. *Tecnología de los Polímeros*.
- Bósela, G. (2018). *Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón*.
- Cáceres, P. (2017). ¿Cuánto plástico hemos generado desde que se inventó y dónde ha ido a parar? *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/natural/20170719/424210992121/balance-mundial-produccion-plasticos-residuos.html>
- Chan, J. L. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39-46. doi:1665-529X
- Chevalier, S. (15 de Mayo de 2019). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/17991/procedencia-de-los-microplasticos-en-los-oceanos-del-mundo/>
- Fernández, L., Marín, F., Varela, J., & Vargas, G. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de. *Ingeniería Revista Académica*, 13(2), 41-50.
- García, V. (1997). *Ejecución de fábricas para revestir*.
- Herrera, A. (2013). *Construcciones con bloques de hormigón de cemento portland*. 1st e. Buenos Aires: El Instituto, pp. 20-34.
- Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada*. ResearchGate.
- Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

- Martínez, G. (02 de Abril de 2020). Ingeniería & Construcción. Obtenido de <https://www.ingenieriayconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>
- McCorman, J., & Brown, R. (2016). Diseño de Concreto Reforzado (Décima ed.). Alfaomega.
- Medina-Sierra, W. A. (2017). El Curado del Concreto en la Construcción. L'esprit Ingénieux, 7(1).
- Metcalf-Eddy. 1994. Ingeniería sanitaria. Tratamientos, evacuación y reutilización de aguas residuales. Ed. Labor. Barcelona.
- Montoya, P. (2000). Hormigón armado. 14 edición
- NTE INEN 3066. (2016). BLOQUES DE HORMIGÓN. Requisitos y métodos de ensayo.
- NTE INEN 638: bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones general
- NTE INEN 639: bloques huecos de hormigón. Muestreo, inspección y recepción.
- Pérez, J. G. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. Comercio exterior, 64(5), 6-9.
- Rivera, G. (1992). Resistencia del concreto. Universidad del Cauca.
- Rodríguez, M. A. (2014). Dosificación de concretos. Revista Ingeniería en Construcción, 1(1), 24-29.
- Sarrade, F. (2007). Morteros y hormigones. Quito: s.n.
- Soto Barra, E. P. Curado del concreto.
- Vélez, L. M. (2010). Permeabilidad y porosidad en concreto. TecnoLógicas.

ANEXOS

NTE INEN 3066 BLOQUES DE HORMIGÓN



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 3066
2016-11

BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO

CONCRETE BLOCKS. REQUIREMENTS AND TEST METHODS

ÍNDICE

	Página
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	2
4. CLASIFICACIÓN	3
5. REQUISITOS	3
5.1 Generalidades	3
5.1.1 Materiales	3
5.1.2 Dimensiones	4
5.1.2.1 Generalidades	4
5.1.2.2 Dimensiones modulares y nominales	4
5.1.2.3 Retracción por secado lineal	5
5.2 Aspectos visuales y marcas	5
5.3 Absorción de agua	5
5.4 Resistencia a la compresión simple	6
5.5 Resistencia al fuego	6
6. MUESTREO	6
7. MÉTODOS DE ENSAYO	7
7.1 Generalidades	7
7.2 Informe de ensayo	7
8. ROTULADO	9
ANEXO A (normativo) NOMENCLATURA DE PARTES DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	10
ANEXO B (normativo) DIMENSIONES	11
ANEXO C (normativo) ASPECTOS VISUALES	13
ANEXO D (normativo) ABSORCIÓN, DENSIDAD Y OTROS	14
ANEXO E (normativo) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	18
ANEXO F (normativo) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO DE LA PLACA ADICIONAL PARA EL ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE	23
ANEXO G (informativo) HOJA DE CÁLCULO E INFORME DE ENSAYOS	25
BIBLIOGRAFÍA	27
TABLAS	
TABLA 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso	3
TABLA 2. Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad	3
TABLA 3. Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A	4
TABLA 4. Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de hormigón	4
TABLA 5. Absorción máxima de agua en bloques Clase A	6

TABLA 6. Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón	6
TABLA 7. Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada	7
TABLA 8. Métodos de ensayo	7
TABLA G.1 Ejemplo de hoja de trabajo	25
TABLA G.2 Ejemplo de informe	26
FIGURAS	
FIGURA A.1. Nomenclatura de partes del bloque de hormigón	10
FIGURA E.1. Extensiones en que la longitud es mayor que el espesor	18
FIGURA E.2. Extensiones de la cara sobre el tabique	18
FIGURA F.1. Equipo utilizado en el ensayo a compresión	23
FIGURA F.2. Diámetro de la placa superior	23
FIGURA F.3. Distancia de la placa a la esquina más distante de la muestra	24

BLOQUES DE HORMIGÓN REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo de los bloques de hormigón fabricados con cemento hidráulico, agua y áridos minerales, con o sin aditivos.

Esta norma no es aplicable a los paneles o bloques de hormigón espumoso, que se fabrican con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 8422, *Planes de muestreo secuencial para inspección por atributos*

NTE INEN-ISO 8423, *Planes de muestreo secuencial para la inspección por variables para porcentaje no conforme (desviación estándar conocida)*

NTE INEN-ISO 3951-5, *Procedimientos de muestreo para inspección por variables - Parte 5: Planes de muestreo secuencial clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para la inspección por variables (desviación estándar conocida)*

NTE INEN 152, *Cemento portland. Requisitos*

NTE INEN 490, *Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos*

NTE INEN 2380, *Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*

NTE INEN 872, *Áridos para hormigón. Requisitos*

NTE INEN 2619, *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión*

NTE INEN 52, *Reglas para redondear números*

NTE INEN 1578, *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento*

ASTM C1552, *Standard Practice for Capping Concrete Masonry Units, Related Units and Masonry Prisms for Compression Testing*

ASTM E4, *Standard Practices for Force Verification of Testing Machines*

ASTM C1093, *Standard Practice for Accreditation of Testing Agencies for Masonry*

ASTM C426, *Standard Test Method for Linear Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units*

ASTM E119, *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*

ACI 216.1, *Método normalizado para determinar la Resistencia al fuego de las construcciones de hormigón y mampostería*

ANEXO A. INTERPRETACIÓN DE NOMENCLATURA DEL BLOQUE

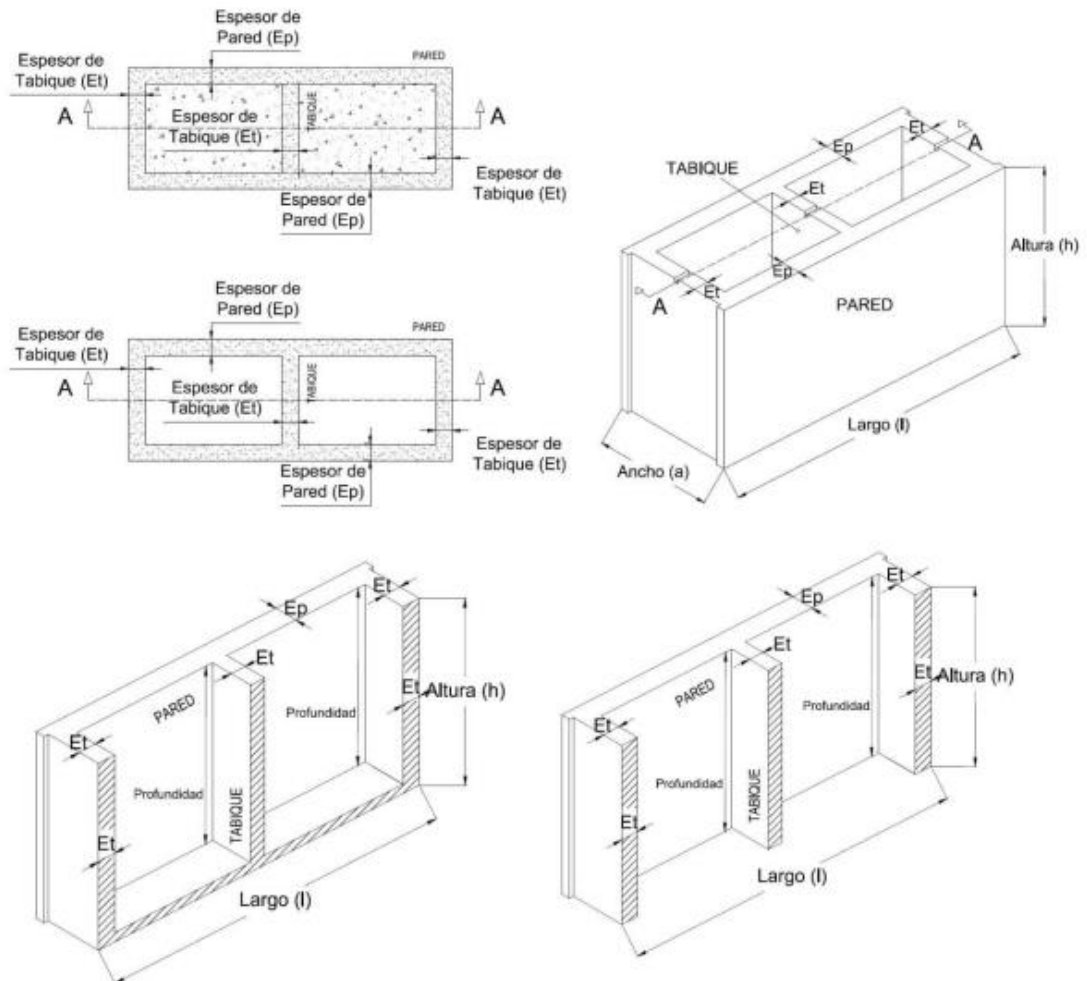


FIGURA A.1. Nomenclatura de partes del bloque de hormigón

- l : largo
- h : altura
- a : ancho
- E_p : espesor pared
- E_t : espesor tabique

ANEXO B. INTERPRETACIÓN DE DIMENSIONES

Un lote está compuesto de 3 bloques, sin ningún defecto tanto visual como físico.

El calibrador o regla debe tener una precisión de ± 1 mm, las muestras deben estar limpias previo a ser ensayadas, con ayuda de cepillos o piedras abrasivas en caso de tener material ajeno al bloque.

Se toman medidas de ancho, altura y largo en el centro de las caras y paredes tanto superiores como inferiores de cada una de las muestras.

La norma recomienda tomar medidas del espesor de las paredes y de los tabiques en sus puntos más delgados, si es un bloque tipo A deben tener un mínimo de 19 mm caso contrario la muestra debe ser descartada.

ANEXO C. INTERPRETACIÓN DE ASPECTOS VISUALES

A simple vista los bloques que serán ensayados deben ser similares en cuanto a forma, textura y tonalidad, en caso de tener algún tipo de falla o fisura revisar los requisitos mencionados con anterioridad y en caso de que no cumplan deben ser descartados.

ANEXO D. INTERPRETACIÓN DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y OTRO

- Las muestras deben ser sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 24 – 28 horas.
- Muestra sumergida: Con ayuda de un alambre se toma el peso de la muestra cuando está totalmente sumergida y se registra su valor.
- Muestra saturada: Se retira del agua y se deja escurrir durante 60 segundos sobre una malla de alambre de 10 mm y pasar un paño húmedo para eliminar el agua superficial.
- Se determina la masa saturada en una balanza con precisión de ± 1 g.

- Colocarlos en un horno de temperatura constante entre 100 – 115 °C, durante 24 horas y registrar el valor de su masa.
- El incremento de la pérdida no debe ser mayor del 0,2 % de la última masa previamente determinada del espécimen.

Porcentaje de absorción de agua

$$\text{Absorción, (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1\,000$$

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Ms: masa saturada (kg)

Md: masa secada al horno (kg)

Mi: masa sumergida (kg)

Contenido de humedad

$$\text{Contenido de humedad, (\%)} = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100$$

Mr: masa tal como se recibe (kg)

Ms: masa saturada (kg)

Md: masa seca al horno (kg)

Densidad

$$\text{Densidad (D), (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1\,000$$

Md: masa seca al horno (kg)

Ms: masa saturada (kg)

Mi: masa sumergida (kg)

Área neta promedio

$$\text{Volumen neto } (V_n), (\text{mm}^3) = \frac{M_d}{D} = (M_s - M_i) \times 10^6$$

$$\text{Área neta promedio } (A_n), (\text{mm}^2) = \frac{V_n}{h}$$

Vn: volumen neto de la unidad (mm³)

Md: masa seca al horno (kg)

D: densidad de la unidad seca al horno (kg/m³)

Ms: masa saturada (kg)

Mi: masa sumergida (kg)

An: área neta promedio de la unidad (mm²)

h: altura promedio de la unidad (mm).

Porcentaje sólido

$$\text{Porcentaje sólido, (\%)} = \frac{V_n}{l \times a \times h} \times 100$$

Vn: volumen neto promedio (mm³)

l: largo promedio (mm)

h: altura promedio (mm)

a: ancho promedio (mm)

ANEXO E. INTERPRETACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

- Al momento de ensayar los bloques a compresión las muestras deben estar enteras, en caso de no quepa en la máquina de ensayo se debe cortar las extensiones de las muestras con el fin de que se ajusten al equipo y las placas de carga, es recomendable usar muestras enteras.
- El bloque cortado debe tener una relación altura – espesor de pared (ancho) de 2 a 1; además de la relación, longitud – espesor de pared (ancho) de 4 a 1
- La máquina de ensayo debe tener una placa con espesor mínimo de 15 cm, anclada entre sí por una esfera metálica capaz de hacer rotar la placa a libertad.
- Las muestras previas a ser ensayadas deben estar almacenadas a temperatura ambiente alrededor de 48 horas, una a continuación de otras evitando apilarlas entre sí.
- Se coloca el bloque en la máquina de ensayo alineado verticalmente con el centro de la placa metálica inferior.
- Una placa superior se coloca de igual manera y se carga la máquina lentamente a nivel de la placa superior previo a comenzar el ensayo.
- Una vez encerrada la máquina se aplica carga gradualmente entre 1 a 2 minutos a una velocidad constante.

Área bruta

$$\text{Área bruta } (A_g), (\text{mm}^2) = l \times a$$

A_g: área bruta de la unidad, (mm²)

l: largo promedio de la unidad, (mm),

a: ancho promedio de la unidad, (mm)

Resistencia a la compresión área neta

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{\text{máx.}}}{A_n}$$

P_{máx.}: la carga máxima de compresión, (N)

A_n: área neta de la unidad (mm²).

Resistencia a la compresión área bruta

$$\text{Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{\text{máx.}}}{A_g}$$

P_{máx.}: carga máxima de compresión (N),

A_g: área bruta de la unidad (mm²)

ANEXO F. INTERPRETACIÓN DE HOJA DE TRABAJO E INFORME DE ENSAYOS

Informe de ensayos de acuerdo con NTE INEN 3066				Proyecto de laboratorio No.: _____			
Cliente: Dirección: Especificación del bloque: Designación del bloque / descripción:				Fecha de informe: _____ Laboratorio de ensayo: _____ Dirección: Lugar de muestreo: Fecha de recepción:			

Resumen de resultados de ensayo					
Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo	Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo
Resistencia neta a compresión	13,7 MPa	13,7 MPa	Espesor mínimo de cara	32 mm	34 mm
Resistencia bruta a compresión	_____	6,9 MPa	Espesor mínimo de tabique	25 mm	28 mm
Densidad	240 kg/m ³	1792 kg/m ³	Espesor de tabique equivalente	57 mm	66 mm
Absorción	_____	200 kg/m ³	Espesor equivalente	_____	97 mm
Porcentaje sólido	_____	50,3 %	Variación máxima de las dimensiones especificadas	3 mm	2 mm
			Area neta de la sección	_____	38716 mm ²
			Area bruta de la sección	_____	83380 mm ²

Resultados de ensayo de unidades individuales							
Unidades ensayadas a compresión	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M _o) (kg)	Area de la sección transversal (*)		Carga máxima (N)	Resistencia a compresión	
			Bruta (mm ²)	Neta (mm ²)		Bruta (MPa)	Neta (MPa)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	1	14,70	76 929	38 716	577 200	7,5	14,9
	2	14,15	76 929	38 716	506 900	6,6	13,1
	3	14,00	76 929	38 716	510 200	6,6	13,2
	Promedio	14,30	76 929	38 716	531 433	6,9	13,7

(*) Areas determinadas como el promedio de las tres unidades ensayadas a absorción y se asume que son iguales a las de las unidades ensayadas a compresión.

Unidades ensayadas a absorción	Especimen No.	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Espesor de cara (**) (mm)	Espesor de tabique (mm)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	4	193	191	396	32	25
	5	193	193	396	35	28
	6	193	196	396	35	30
	Promedio	193	193	396	34	28

(**) Cuando el punto más delgado de la cara opuesta difiere en espesor en menos de 3 mm, se reporta como espesor el promedio de sus mediciones.

	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M _o) (kg)	Masa del esp. sumergido (M _s) (kg)	Masa del esp. saturado (M _s) (kg)	Masa del esp. seco al horno (M _d) (kg)	Absorción (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Volumen neto (mm ³)	Porcentaje sólido (%)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	4	14,55	7,60	15,10	13,70	187	1 837	0,0074	50,7
	5	14,15	7,35	14,85	13,30	207	1 773	0,0076	50,4
	6	14,10	7,30	14,75	13,20	205	1 770	0,0074	49,9
	Prom.	14,25	7,40	14,90	13,40	200	1 793	0,0076	50,3

 Firma del técnico del laboratorio

TABLA F. Ejemplo de informe