



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
DEL CONCRETO PERMEABLE
UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE
AGREGADOS PARA LA EMPRESA FRAMEX,**

Autores:

Fleitas Moreno Pedro de Jesús

Rivas Roa José Rafael

Tutor:

Ing. Carlos Manzanares

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE
UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS PARA LA
EMPRESA FRAMEX, C.A.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Fleitas Moreno Pedro de Jesús 18.016.126

Rivas Roa José Rafael 21.219.248

Tutor:

Ing. Carlos Manzanares 19.433.301

San Diego, Mayo del 2018



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Carlos Manzanares portador de la cédula de identidad 19.433.301, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Rivas R., José R; Fleitas M., Pedro De J; portadores de las cédulas de identidad 21.219.248 y 18.016.126 titulado **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS PARA LA EMPRESA FRAMEX, C.A.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los _____ del año 2018.

Ing. Carlos Manzanares
C.I: 19.433.301

ÍNDICE

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICO	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	7
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Justificación.....	8
1.5 Alcance.....	9
1.6 Limitaciones.....	10
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Bases teóricas.....	12
2.2.1 Cemento.....	12
2.2.2 Cemento en Venezuela.....	13
2.2.3 Clasificación del cemento portland	13
2.2.4 Concreto permeable.....	15
2.2.4.1 Uso y aplicaciones.....	18
2.2.4.2 Variables influyentes en las propiedades del concreto permeable.....	20
2.2.4.3 Protocolos para la caracterización del concreto permeable.....	21
2.2.4.4 Pruebas que se pueden aplicar al concreto permeable y a los agregados.....	23
2.2.4.5 Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto.....	32

2.2.4.6	Propiedades del concreto permeable.....	36
2.2.4.7	Ventajas y desventajas del uso del concreto permeable.....	39
2.3	Definición de términos.....	41
III	MARCO METODOLÓGICO	
3.1	Diseño de la Investigación.....	45
3.2	Tipo de la investigación.....	46
3.3	Nivel de la investigación.....	46
3.4	Población y Muestra.....	47
3.4.1	Población.....	47
3.4.2	Muestra.....	48
3.5	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	48
3.6	Fases metodológicas.....	50
IV	RESULTADOS	
4.1	Identificar cuál es la situación actual del concreto permeable en la región.....	54
4.1.1	Observación directa.....	54
4.1.2	Internet.....	54
4.2	Revisar los agregados que la empresa FRAMEX, C.A. requiere sean evaluados con el concreto permeable.....	54
4.2.1	Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y grueso.....	54
4.2.2	Ensayo colorimétrico.....	60
4.2.3	Pasante del tamiz 200.....	62
4.2.4	Peso unitario suelto y compacto.....	62
4.2.5	Peso específico y absorción (Agregado fino).....	64
4.2.6	Peso específico y absorción (Agregado grueso).....	67
4.2.7	Ensayo de desgaste utilizando la máquina de los ángeles.....	69
4.3	Seleccionar las pruebas a las que se someterá el concreto permeable.....	71
4.3.1	Diseño de mezcla #1.....	72
4.3.2	Diseño de mezcla #2.....	75
4.3.3	Diseño de mezcla #3.....	78
4.3.4	Diseño de mezcla #4.....	82
4.3.5	Diseño de mezcla #5.....	85
4.3.6	Diseño de mezcla #6.....	89

4.4	Analizar los resultados obtenidos.....	100
		112
	CONCLUSIONES.....	
	RECOMENDACIONES.....	114
	BIBLIOGRAFÍA.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pp
1	Cemento de Venezuela.....	14
2	Tipos de Cementos.....	15
3	Tipos y Subtipos de Cementos.....	16
4	Espesores Recomendados.....	18
5	Propiedades del Cemento Permeable.....	38
6	Peso de agregados.....	55
7	Agregado fino.....	58
8	Agregado grueso.....	59
9	Colorimetría.....	61
10	Peso Unitario.....	63
11	Peso Específico y Absorción Agragado fino.....	66
12	Peso Específico y Absorción Agragado grueso.....	68
13	Diseño mezcla 1.....	73
14	Cantidad material mezcla 1.....	74
15	Mezcla 1 prueba a compresión.....	74
16	Mezcla 1 prueba a flexión.....	75
17	Diseño mezcla 2.....	76
18	Cantidad material mezcla 2.....	77
19	Mezcla 2 prueba a compresión.....	78
20	Mezcla 2 prueba a flexión.....	78
21	Diseño mezcla 3.....	79
22	Cantidad material mezcla 3.....	80
23	Mezcla 3 prueba a compresión.....	81
24	Mezcla 3prueba a flexión.....	82
25	Diseño mezcla 4.....	83

26	Cantidad material mezcla 4.....	84
27	Mezcla 4 prueba a compresión.....	85
28	Mezcla 4 prueba a flexión.....	85
29	Diseño mezcla 5.....	87
30	Cantidad material mezcla 5.....	88
31	Mezcla 5 prueba a compresión.....	88
32	Mezcla 5 prueba a flexión.....	89
33	Diseño mezcla 6.....	90
34	Cantidad material mezcla 6.....	91
35	Mezcla 6 prueba a compresión.....	92
36	Mezcla 6 prueba a flexión.....	92
37	Repetición 6.1.....	93
38	Repetición 6.2.....	93
39	Repetición 6.3.....	94
40	Repetición 6.4.....	94
41	Repetición 6.5.....	94
42	Repetición 6.6.....	94
43	Análisis estadístico de control del proceso de preparación de mezcla.....	104
44	Desviación estándar y la varianza.....	105
45	Eliminación valores extremos.....	106
46	Pesos Unitarios.....	107
47	Factor aplicado a las resistencias.....	108
48	Permeabilidad.....	109
49	Variabilidad.....	110
50	Permeabilidad/módulo de rotura.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Pp
1	Estructura vacía del concreto permeable.....	16
2	Aplicación del concreto permeable.....	19
3	Representación Ler de Darcy.....	22
4	Resistencia a la compresión y Contenido de aire 4%.....	24
5	Resistencia a la compresión y Peso Unitario.....	25
6	Contenido de aire – relación agua cemento.....	26

7	Resistencia a la flexión-Contenido de aire.....	27
8	Resistencia a la compresión.....	27
9	Permeámetro.....	29
10	Prueba de absorción acústica.....	31
11	Agregados Ígneos.....	33
12	Agregados sedimentarios.....	33
13	Agregados metamórficos.....	34
14	Muestra a utilizar.....	35
15	Horneado y secado de la muestra.....	57
16	Tamizadora.....	57
17	Ensayo colorímetro.....	61
18	Preparación peso unitario suelto y compacto.....	64
19	Peso específico y absorción agregado fino.....	66
20	Peso específico y absorción agregado grueso.....	69
21	Máquina de los Ángeles.....	70
22	Colocación de la muestra de ensayo y la carga abrasiva.....	70
23	Preparación de la muestra.....	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICOS		Pp
1	Granulometría agregado fino.....	58
2	Granulometría agregado grueso.....	59
3	Resistencia a 7 y 28 días.....	101
4	Relación Módulo de rotura/peso 7 días.....	102
5	Relación Módulo de rotura/paseo 28 días.....	103
6	Módulo de rotura/factor de vacío.....	108
7	Permeabilidad.....	109
8	Permeabilidad Promedio.....	110
9	Permeabilidad/módulo de rotura.....	111



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE
UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS PARA LA EMPRESA
FRAMEX, C.A.**

Autor(es): Rivas R., José R,
Fleitas M., Pedro De J

Tutor: Carlos Manzanares

Fecha: Octubre, 2017

RESUMEN

La presente investigación consiste en la evaluación del comportamiento del concreto permeable tomando en cuenta los agregados utilizados por la empresa FRAMEX C.A, dichos agregados usados por la empresa son: Agregado grueso tipo piedra picada 1" en la cantera Rio Acarigua ubicada en el estado Portuguesa y el agregado fino tipo arena lavada procedente de la mina-cantera Niteroi de Tinaquillo ubicada en el estado Cojedes, la presente investigación tipo documental pretende evaluar la composición de dicho concreto para poder utilizar su aplicación en el mercado de la construcción venezolano, dicha evaluación comprenderá el estudio previo de los ensayos de Permeabilidad, de vacíos, de absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción o flexión y el ensayo de peso unitario, para luego de haber obtenido los resultados de dichos ensayos proceder a la comprobación de la utilidad de dichos agregados para su uso en la elaboración de concreto permeable en el mercado de la construcción en Venezuela.

Descriptor(es): concreto, permeable, agregados, ensayos

INTRODUCCIÓN

El concreto permeable, también denominado concreto poroso, concreto no fino y pavimento poroso, es un tipo especial de concreto con una alta porosidad que se utiliza para aplicaciones de trabajos planos de concreto que permite que el agua de precipitación y otras fuentes pasen directamente, de un sitio y permitir la recarga de agua subterránea.

Este concreto se fabrica utilizando grandes agregados con poco o ningún agregado fino. La pasta de concreto luego recubre los agregados y permite que el agua pase a través de la losa de concreto. Este concreto se utiliza tradicionalmente en áreas de estacionamiento, áreas con tráfico ligero, calles residenciales, pasarelas para peatones e invernaderos. Es una aplicación importante para la construcción sostenible y es una de las muchas técnicas de desarrollo de bajo impacto utilizadas por los constructores para proteger la calidad del agua.

Aunque el concreto permeable ha sido utilizado por más de 50 años, sólo recientemente se ha reconocido su potencial de manejo de aguas pluviales. Crea un pavimento que permite la infiltración de agua de lluvia en lugar de crear escurrimientos. Debido a la infiltración, los suministros de agua subterránea son recargados y los contaminantes son tratados.

La masa del concreto permeable consta de una estructura de huecos interconectados, que permite que el agua fluya a través de tasas muy altas. Normalmente, cuando se echan sobre un suelo de suelos de arena, el pavimento se infiltra en las aguas pluviales a una velocidad mayor que la del suelo de abajo.

Las técnicas de colocación y acabado para el concreto permeable son diferentes del concreto plano. El concreto permeable es en realidad fundido a partir de una mezcla de concretos no-finos, por lo tanto no fluiría. Debe colocarse con equipos especiales

para fomentar la consolidación sin colapsar la estructura de huecos. Además, el contenido de agua del concreto fresco debe controlarse cuidadosamente.

El concreto permeable debe curar durante siete días antes de abrirse al tráfico. Cada miembro del equipo del proyecto (ingeniero, arquitecto, contratista general, contratista de pavimentación) debe trabajar juntos para proteger el pavimento durante el período de curado.

Debido a su estructura porosa, el pavimento permeable permite que las aguas pluviales se infiltren en el suelo subyacente mientras se filtran los sedimentos dañinos. Esto resulta en una mejor calidad de las aguas pluviales.

El pavimento de concreto permeable es un producto "verde" que puede colocarse junto a árboles y follaje, protegiendo aún los sistemas radiculares que pueden estar por debajo de las áreas pavimentadas. Este pavimento no crea escorrentías peligrosas ni impide que el agua alcance sus raíces.

El pavimento permeable puede doblarse como un área de estacionamiento y de retención maximizando la tierra que se puede desarrollar y reducir los costos de construcción.

Actualmente la empresa FRAMEX C.A, empresa dedicada a la industria del premezclado y la construcción. Tiene como objetivo principal ofrecer nuevas alternativas al sector construcción de la región.

Por lo mismo, se explora una nueva alternativa la cual es la inclusión en el mercado del concreto permeable con los agregados encontrados en Venezuela. Para poder saber si este es viable se deben estudiar los agregados y el concreto también para saber si efectivamente tiene un buen rendimiento.

Capítulo I: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

Capítulo II: Antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos

Capítulo III: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases metodológicas.

Capítulo IV: Resultados, conclusiones, recomendaciones y Bibliografía

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En el mundo globalizado actual, el crecimiento de las ciudades viene alterando las condiciones naturales de las cuencas, debido a la impermeabilización y compactación del suelo, lo que ha originado el cambio del recorrido natural del agua y la contaminación de ésta, es decir, se ha modificado el ciclo hidrológico. Esto se hace evidente en los últimos tiempos al observar las continuas inundaciones de las ciudades, lo que ha generado que las aguas pluviales se hayan convertido en un problema.

En los últimos años se ha observado que la magnitud del caudal por las precipitaciones ha aumentado así como la frecuencia, en parte motivado a la gran cantidad de áreas impermeables producto del crecimiento de las ciudades lo que ha aumentado en gran medida la proporción de agua que escurre de las viviendas en los periodos de lluvia; por otro lado la nueva infraestructura de las urbanizaciones, centros comerciales, entre otros, han modificado en gran medida el recorrido de la escorrentía, la cual se concentra y por consiguiente aumenta su velocidad.

La impermeabilización de los suelos producto del crecimiento urbanístico, induce a que las aguas pluviales sean depuestas a quebradas, ríos o lagos, disminuyendo la infiltración natural, es decir, reduciendo la infiltración de los puntos de recarga del agua subterránea, lo que se ve reflejado en la disminución del nivel freático, el cual genera un problema dado a que las aguas subterráneas son de vital importancia para el suministro de agua para las poblaciones y ciudades.

El crecimiento desmesurado sin planificación, y sin visualizar las consecuencias ambientales debido a la fabricación de urbanizaciones, calles, avenidas, campos deportivos, estacionamientos, entre otros, han modificado las cuencas naturales, ya que estas áreas urbanas están pavimentadas con asfalto o concreto, los cuales se oponen a la filtración de las aguas.

Al hablar de cemento se habla de un material que data de más de 100 años y que hoy en día en el lenguaje común se confunde con el concreto, es por ello que deben diferenciarse: *El cemento* es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

Desde otro punto de vista la molienda entre estas rocas es llamada clínker, la cual se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, material que le da la propiedad a esta combinación para que pueda fraguar y endurecerse. Al mezclar el cemento con agregados pétreos (grava y arena) y agua, se crea un producto uniforme, maleable y plástico que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, que en algunos países es conocido como hormigón y en otros es llamado concreto, este material es más utilizado que el acero en la construcción e ingeniería civil.

La fabricación de una tonelada de cemento emite 0.9 toneladas de CO₂ al medio ambiente, cifras expuestas por el Consejo empresarial para el Desarrollo Sostenible, lo que ha motivado a que surjan corrientes en favor del medio ambiente entre las que se pueden mencionar la corriente de sostenibilidad ambiental, la cual induce e impulsa a las empresas y productores del ramo a buscar alternativas para elaborar algunos tipos de concretos ecológicos.

Un ejemplo de esto es lo expuesto por el ingeniero Enrique Pasquel, miembro activo de Pasquel Consultores y Control Mix Express, el cual hace referencia a que si el concreto es fabricado por el hombre y no por la naturaleza el mismo es amigable con el medio ambiente, ya que es una piedra artificial. Así mismo Pasquel afirma que en

los últimos tiempos el hombre y por ende el mundo está tomando conciencia y es más ecológico, ya que se preocupa por cualquier aspecto que contamine al medio ambiente.

Siguiendo estas corrientes las empresa cementeras, las cuales ya datan con más de un siglo en el mercado , quieren volverse sustentables, en otras palabras quieren ser sustentables, y disminuir las consecuencias ambientales que ha traído como consecuencia la impermeabilización de las superficies por el uso del cemento, es por ello que estas empresas están desarrollando alternativas que permitan la disminución de la contaminación y así lograr que la sociedad no las catalogue como empresas anti ecológicas, por eso antes de utilizar cualquier tipo de cemento se deben evaluar éste, desde diferentes puntos de vista, entre los cuales se pueden mencionar:

- **La funcionalidad.** Esta reflejada en que el material utilizado sea práctico, útil de fácil fraguado y además que tenga características. Ejemplo: concreto permeable.

- **La formulación y constitución de materias primas.** Aquí figuran los concretos con cenizas volantes, concretos con cementos de baja energía, concretos con agregados reciclados, y los de bajo consumo de agua.

- **Su aplicación por durabilidad y ciclo de vida.** Concretos definidos por su impacto expresado en su huella de carbono, huella hídrica o cualquier otra variable de impacto ambiental medida desde la extracción del material hasta su disposición final. Ejemplo: concretos de ultras altas resistencias.

De allí que Miguel Velasco de Cotera, gerente de la empresa Unicon (Perú), afirma que el concreto permeable es buen ejemplo de concreto ecológico, donde concreto permeable “es aquel fabricado de cemento, agregado grueso agua, aditivos y poco o ningún agregado fino, lo que permite el paso del agua a través de él”, es decir, ya que no lleva agregado fino , los vacíos creados permiten el paso del agua a través de él, sirviendo además de filtro ya que retiene los contaminantes sólidos, los cuales pueden ser recolectados durante el mantenimiento y limpieza del mismo. La filtración

del agua al suelo permite recargar el nivel freático en vez de fomentar la escorrentía superficial.

Venezuela al igual que el resto del mundo ha venido deteriorando al medio ambiente y el caudal natural de las aguas debido a la impermeabilización de los suelos como se mencionó anteriormente, y es por ello que empresas como FRAMEX, C.A., empresa que nace de la asociación estratégica de un grupo empresarios reconocidos en la industria de Premezclados y de la Construcción, con el objetivo fundamental de ofrecer nuevas alternativas al sector construcción, así como en la venta, producción y distribución de concretos premezclado.

Cabe aclarar que el concreto permeable no es muy conocido en Venezuela y posiblemente las normas a aplicar sean de carácter internacionales.

Es por ello que mediante la evaluación del comportamiento permeable se va a determinar si es posible la utilización del mismo utilizando los agregados de la región, y si este requiere de algún otro tipo de aditivo.

1.2. Formulación del problema

Para el desarrollo de la investigación surgió una interrogante la cual es: ¿Cuáles son las características del concreto permeable con los agregados proporcionados por la empresa FRAMEX, C.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento del concreto permeable utilizando diferentes tipos de agregados para la empresa FRAMEX, C.A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar cuál es la situación actual del concreto permeable en la región.
- Revisar los agregados que la empresa FRAMEX, C.A. requiere sean evaluados con el concreto permeable.
- Seleccionar las pruebas a las que se someterá el concreto permeable.

- Analizar los resultados obtenidos.

1.4. Justificación

Por lo anteriormente expuesto y motivado por los avances tecnológicos en busca de soluciones para mitigar los daños ecológicos producto de la utilización del cemento y concretos convencionales en la fabricación de calles, avenidas, aceras, entre otros, causantes de la disminución del manto freático y aumento de escorrentías superficiales debido a que la magnitud de las aguas pluviales ha aumentado así como la frecuencia de las lluvias, lo que ha ocasionado grandes inundaciones, es que la empresa FRAMEX, C.A. empresa dedicada a la construcción en Venezuela, solicitó la evaluación del comportamiento del concreto permeable utilizando diferentes tipos de agregados, para determinar la factibilidad de la implementación de este material en los procesos de construcción llevados por la misma y abrir nuevas fuentes de empleo, fomentar la sostenibilidad del medio ambiente y generar la cultura ecológica en las empresas cementeras y de la construcción.

Con la utilización de este tipo de concreto se vería disminuida en gran medida la contaminación de las aguas, la erosión del pavimento producto de la magnitud del flujo de agua, las inundaciones y se incentivaría al uso de las aguas pluviales en pro de las comunidades y preservación del medio ambiente ya que estas aguas irían a las aguas subterráneas (ciclo natural) y no a las quebradas, ríos y lagos. Todo esto enmarcado en líneas generales a cuatro momentos que no se deben pasar por alto los cuales son:

En lo académico hace referencia a la importancia que tiene el desarrollo de este estudio, ya que se ponen de manifiesto los conocimientos adquiridos, durante el pre grado, así como también nuevos conocimientos en otras áreas de interés para el desarrollo del mismo. Entre los puntos a investigar y refrescar, están: cemento, concreto, características, diferencia, pruebas aplicables para determinar la dureza, la resistencia, normas nacionales e internacionales aplicables a los concretos, entre otros.

Este momento es de gran importancia ya que permite al investigador establecer el tipo y la clase de investigación, todo esto relacionado con las variables que afecten en mayor o menor importancia a la investigación y de cómo es la recolección de datos.

En lo social esta investigación es un punto de partida para la preservación del ambiente, dado a que el concreto permeable es uno de los concretos ecológicos, lo cual permitirá mejorar con su utilización al suelo, ya que se restauraría el nivel freático de los suelos, se disminuirán las correntias, y se rescataría las aguas subterráneas devolviendo a las aguas pluviales su cauce natural. Lo que beneficiaría la comunidad en general, así mismo con una buena planificación y con la elaboración de programas y proyecto institucionales se podría reutilizar las aguas pluviales con la utilización de este concreto para filtrar las aguas y estas ser almacenadas para auto lavados, aguas de servicios (sistemas de riego, lavado de estacionamientos, entre otros), abriendo nuevas fuentes de empleo.

En la parte técnica se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. En este momento se hace referencia a la importancia que tiene el desarrollo de esta propuesta, ya que se ponen de manifiesto los conocimientos adquiridos, durante el pre grado y las experiencias propias y de los facilitadores institucionales y empresariales.

Este momento da al investigador nuevos conocimientos en el área de interés lo cual le ayudará en sus trabajos futuros, logrando así la optimización de los recursos y servirá de base para futuras investigaciones.

1.5. Alcance

El alcance de la presente investigación es la realización de pruebas al concreto permeable de resistencia a flexión de 28 Kgf/cm², se trabajaran con viguetas de dimensiones 15cm x 15cm x 60cm utilizando agregado grueso de tamaño máximo de 1" procedente del Rio Acarigua, el agregado fino de Tinaquillo y un aditivo

plastificante-retardante. Desarrollando las actividades en las instalaciones de la empresa FRAMEX, C.A, ubicada en Variante Bárbula, San Diego Montaserino, local 04, Valencia Venezuela.

1.6. Limitaciones

En esta investigación se ensayaran las viguetas a siete días y a 28 días de edad, y se ensayaran dos viguetas por cada uno de esos días. Para este concreto se debe realizar el ensayo de sonido, pero en los laboratorios en los se trabajara no se cuenta con el equipo para realizar la misma

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Los antecedentes son investigaciones que se obtiene luego de realizar una exploración minuciosa del tema en estudio, particularmente como el tema de concreto permeable es un tema nuevo en Venezuela no se consigue información en el ámbito nacional por lo que solo se hace referencia a investigaciones internacionales y la historia de este producto.

Seguidamente se presenta un estudio realizado por el **Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC) (2012)**, en el cual menciona que el concreto permeable tubo su aparición desde hace aproximadamente 100 años, pero no fue sino hasta hace 40 años que en Estados Unidos, Europa y Australia, entre otros que se empieza a emplear, específicamente para evitar escurrimientos fluviales, en calles, banquetas y casas de habitación.

El aporte de este trabajo, son las técnicas para el diseño, y el proceso constructivo del concreto permeable.

Así mismo, se presenta el trabajo presentado por Torres, (2010), titulado **Tecnología del concreto permeable o ecológico en la construcción**, para obtener el grado de Especialista en la Construcción de la universidad Nacional Autónoma de México.

El trabajo se presenta como un informe técnico sobre las aplicaciones del concreto permeable, los métodos de diseño, materiales, propiedades, dosificaciones, métodos de construcción, ensayos e inspección, temas muy relevantes para la presente investigación, ya que Venezuela carece o adolece de información referente al tema.

Por último, se presenta la tesis presentada por Barahona Rene, Martínez Marlon y Zelaya Steven (2013), titulada, **Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el Salvador**, para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad del Salvador, donde entre sus objetivos están: La determinación de las propiedades mecánicas, hidráulicas, del concreto permeables.

Donde su aporte es de gran relevancia dado a que ellos trabajaron al igual que el caso en estudio con un solo tipo de agregado grueso, bajo un rango de vacío, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión establecido, mencionando cada una de las normas que se deben aplicar para cada una de las pruebas, las cuales son de necesarias para el desarrollo del objeto de estudio.

2.2 Bases teóricas

Veliz (2009), expone que “Los fundamentos teóricos representan aquellos enfoques o corrientes desarrolladas por autores sobre el tema tratado en la investigación, conceptualizando, interpretando y vinculando estos fundamentos con el tema” (p.20), es por ello que las bases teóricas, representan los conceptos y/o definiciones relacionados con los objetivos específicos, de manera tal que ayude a la mejor comprensión del objeto de estudio y ayude a seleccionar estrategias que permitan asegurar los logros de los objetivos.

2.2.1 Cemento

Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle agua y endurecerse posteriormente

2.2.2 Cemento en Venezuela

Para hacer un recorrido histórico del cemento, en Venezuela, necesariamente hay que remontarse al año de 1907; cuando el Ing. Alberto Smith constituyó la "Compañía Anónima Fábrica Nacional de Cementos", que en esa época comenzó con una producción de 50 sacos diarios. Y, nueve años más tarde, en 1916, el señor Carlos Delfino adquirió el 75% del capital de esa empresa y la rebautizó con el nombre: "Cementos La Vega". Esta empresa, con la más avanzada tecnología de aquel entonces, impulsó la producción y logró convertirse en una de las cementeras más importantes de Latinoamérica.

De "Cementos La Vega", según los constructores de aquellos tiempos, salió el cemento con que se construyeron los pilares y las columnas que todavía sostienen el "Nuevo Circo", la urbanización "El Silencio", la Ciudad Universitaria, los bloques de "El 23 de Enero" y el Teatro Teresa Carreño, entre otras obras de gran envergadura en el ámbito caraqueño.

Andando el tiempo, en la década de los '40, se incrementó la demanda de cemento que requería la industria de la construcción, a nivel nacional. Por lo tanto, fue en esa década cuando apareció el consorcio cementero Vencemos, liderado por el empresario venezolano, don Eugenio Mendoza. Asimismo, en este tiempo apareció, en el occidente del país, la planta "Cementos Táchira", ubicada en el sector La Blanca, estado Táchira. (Verabla 1)

2.2.3 Clasificación del cemento portland

Según la norma Covenin ya mencionada y la Norma UNE- EN 197-1:2000, el cemento se clasifica en:

1. Tipo: I. Normal es el cemento destinado a obras en concreto en general (edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales), cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. El cemento portland blanco entra en esta clasificación.

Tabla 1 Cemento en Venezuela

Ítem	Año	Empresa	Cap. Instalada	Observaciones
1	1943	C.A. Cementos de Venezuela		
2	1945	Planta Lara	15.000 Ton métricas anuales	
3	1947	Planta Mara	100.000 Ton métricas anuales	
4	1949	Planta Pertigalete I	100.000 Ton métricas anuales	
5	1957	Planta Lara		Comienza la producción de cemento blanco
6	1962	Planta Mara		Inauguración del puente sobre el lago de Maracaibo, con utilización del 100% de cemento VENCEMOS Mara tipo I
7	1967	Constitución de Cementos Guayana, S.A.		
8	1973	Planta Pertigalete II	810.000 Ton métricas anuales	
9	1977	Ampliación de Planta Mara	525000 Ton métricas anuales	
10	1982	Centro de Adiestramiento y Productividad en Planta Pertigalete		
11	1987	Constitución de la empresa Vencemos de Concreto		
12	1988	CAVOVEN		Empresa subsidiaria de C.A. Venezolana de Cementos
13	1988	C.A. Venezolana de Cementos		Adopta la forma de S.A. (SACA)
14	1992	Vencemos		Compra Cementos Guayana
15	1994	Vencemos		Se convierte en filial de Cemex
16	2008			03-04 El presidente Hugo Chávez habla de la necesidad de nacionalizar el cemento y se nacionaliza en agosto

2. Tipo II. De moderada resistencia a los sulfatos, en otras palabras es el cemento portland utilizado en obras expuestas a acciones moderadas de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación (puentes, tuberías de concreto)

3. , Tipo III. El usado en construcciones donde se requiera altas resistencias iniciales, o desencofrar a los pocos días.

4. Tipo IV. Utilizado en obras donde se requiera un muy bajo calor de hidratación, en el cual no deben producirse dilataciones durante el fraguado.

5. Tipo V. Utilizado en obras donde se requiera alta resistencia a los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias) (Ver tablas 2 y 3)

Tabla 2. Tipos de cemento

<i>Tipo de cemento</i>	<i>Denominación</i>	<i>Designación</i>
I	Cemento Portland	CEM I
II	Cemento Portland con adiciones	CEM II
III	Cemento Portland con escorias de horno alto	CEM III
IV	Cemento puzolánico	CEM IV
V	Cemento compuesto	CEM V

2.2.4 Concreto permeable

La norma ACI-522R, define al concreto permeable como un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso de agua.

Tabla 3. Tipos y sub tipos de cemento

<i>Tipo de cemento</i>	<i>Subtipo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Designación</i>
CEM I	Sin subtipo	Cemento Portland	CEM I
CEM II	A B	Cemento Portland con escorias de horno alto	CEM II/A-S CEM II/B-S
	Sólo A	Cemento Portland con humo de sílice	CEM II/A-D
	A B	Cemento Portland con puzolana natural	CEM II/A-P CEM II/B-P
	A B	Cemento Portland con puzolana calcinada	CEM II/A-Q CEM II/B-Q
	A B	Cemento Portland con ceniza volante silíceas	CEM II/A-V CEM II/B-V
	A B	Cemento Portland con ceniza volante calcárea	CEM II/A-W CEM II/B-W
	A B	Cemento Portland con esquisto calcinado	CEM II/A-T CEM II/B-T
	A B	Cemento Portland con caliza L	CEM II/A-L CEM II/B-L
	A B	Cemento Portland con caliza LL	CEM II/A-LL CEM II/B-LL
	CEM II	A B	Cemento Portland mixto con todas las adiciones
CEM III	A B C	Cemento Portland con escoria de horno alto	CEM III/A CEM III/B
CEM IV	A B	Cemento puzolánico con D, P, Q, V, W	CEM IV/A CEM IV/B
CEM IV	A B	Cemento compuesto con S, P, Q, V	CEM V/A CEM V/B

El contenido de vacíos puede variar de 18-35 %, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa, o de 28 a 280 kg/cm². Su velocidad de drenaje depende del tamaño del agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min m².

Este concreto emplea los mismos materiales que en el concreto convencional; es decir, cemento, agregados fino y grueso, aditivos y agua. Pero el agregado fino en la mayoría de los casos no es empleado en la mezcla ya reduce el contenido de vacíos y por ende la permeabilidad del concreto, la cual es la principal característica de concretos.



Figura 1. La estructura vacía del concreto permeable

Fuente: National Ready Mixed Concrete Association USA

Para la fabricación de concreto permeables se puede utilizar como material cementante:

- El cemento Portland de uso general (ASTM 150 y C1157)
- El cementos adicionados (ASTM C595 y C1157)
- Materiales suplementarios: la ceniza volante, humo de sílice y escorias de alto horno (ASTM C618, C1240 y C989)
- Agregados gruesos de 9.5, 19.0 y hasta 25.4 mm de tamaño máximo (ASTM C33), que puede ser de peso normal o ligero, y de forma redondeada o triturada.

Dependiendo de la forma del agregado el concreto permeable tiene ciertas características como son:

- Forma redonda: producen mayores resistencias
- Agregados de mayor tamaño: hace que la superficies sea más ásperas
- Agregados de tamaño pequeño: hacen que la superficie y textura sea más suave y son más fáciles de colocar aunque requieren de mayor cantidad de cemento.

- Agregado fino, no es común que se utilice; sin embargo, si se utiliza se recomienda su uso en bajos contenidos, para que así no se reduzca la permeabilidad del concreto.

A este concreto permeable también se le denomina como concreto poroso, concreto sin agregados, concreto discontinuo, y concreto de porosidad incrementada.

2.2.4.1 Uso y aplicación

La aplicación y el uso del concreto permeable, poroso, es muy variada, y como es considerado como un producto ecológico el mismo es muy utilizado en fuentes, parques, estacionamientos, plazas, ciclo pistas, adicionalmente favorece con la estética del entorno y el mejoramiento del medio ambiente, ya que preserva el medio ambiente, porque disminuye la proliferación de microorganismos al dejar pasar el agua y evitar el estancamiento de la misma.

Este concreto permeable tiene una gran durabilidad, y esto es debido a su alta resistencia a la flexión. La aplicación del concreto permeable va a depender del espesor, lo cual se puede observar en la tabla 4.

Adicional a estos usos la aplicación del concreto permeable es bastante amplia, desde:

- Muros de contención
- Pavimentos de estacionamientos
- Capas rígidas de drenaje de grandes centros comerciales en las áreas exteriores
- Pisos de invernaderos y así evitar el estancamiento de las aguas
- Pavimentos, muros y pisos donde se quiera mejorar la absorción acústica.
- Capas de base para calles de los aeropuertos, caminos, calles, y carreteras municipales.
- Terraplenes de puentes
- Plataforma de entorno de piscinas

Tabla 4. Espesores recomendados.

Uso	Espesor en cm
Vialidad de tráfico pesado	15
Áreas de carga y patios de maniobras	15
Vialidad de tráfico medio	12
Uso	Espesor en cm
Vialidad de tráfico ligero	10
Estacionamiento vehicular ligero	8
Camineras de uso peatonal, banquetas, explanadas	6
Ciclo pistas	6

- Estructuras de playa y muros marinos
- Lechos para plantas de tratamiento de aguas negras
- Sistemas para el almacenamiento de energía solar
- Arrecifes artificiales, donde la estructura abierta del concreto permeable iguala a la estructura de los arrecifes naturales

En la figura 2 se pueden observar algunas de las aplicaciones del concreto permeable.

Para la aplicación del concreto permeable es necesario hacer el estudio de permeabilidad del suelo, y así comprobar que el área donde se quiere utilizar es permeable, lo que quiere decir, que el agua pluvial se filtre facialmente al subsuelo, lo



Figura N°2. Aplicaciones del concreto permeable

que permite la reducción o eliminación de los drenajes pluviales. Es por ello que las áreas recomendadas para la utilización del concreto permeable son: áreas de alta permeabilidad, áreas con pendientes > al 5% y suelos con una conductividad hídrica alta. El concreto permeable no es un concreto reforzado, dado a que es altamente corrosivo, por su porosidad, por lo tanto su aplicación es solo para las antes mencionadas.

2.2.4.2 Variables influyentes en las propiedades del concreto permeable

La permeabilidad y la resistencia del concreto permeable están determinadas por la mezcla utilizada, las variables que afectan a este son:

- Granulometría. Se debe utilizar granulado grueso, con ausencia de finos casi total, para que no impermeabilice la mezcla, que el grano sea lo más uniforme posible y así lograr un % bastante alto de vacíos aproximadamente 40%, el tamaño máximo del árido debe ser de 10mm lo que permite obtener una terminación superficial adecuada.
- Dosis de cemento. La dosis recomendada está entre 350-400 kg/m³, según sea los requerimiento de permeabilidad y resistencia. Como bien se sabe una dosis alta de cemento hace que el concreto u hormigón sea más resistente, pero esto disminuye el porcentaje de vacíos u poros, lo que también disminuye la capacidad de filtrar.
- Dosis de agua. Las propiedades de la mezcla tiene mucho que ver con el agua dado a que si la cantidad de aguas es insuficiente, la mezcla resulta sin consistencia y de baja; excesiva, genera una pasta que sellará los vacíos de la mezcla, adicionalmente lavará el cemento desde la superficie del agregado, generando una baja resistencia al desgaste superficial.
- Relación agua cemento. Esta relación está determinada en la división de la cantidad de agua en la mezcla entre la cantidad de cemento, a menor relación

mayor será la resistencia obtenida. Usualmente se dice que la cantidad de agua es tal que la mezcla adquiere un brillo metálico. Este valor está entre 0.3 a 0.6

- Contenido de vacíos. El porcentaje de vacíos esta determinado por la energía de compactación entregada junto con las variables antes mencionadas. Una mezcla es porosa si su contenido de vacíos es del 15% y la misma no debe superar el 25%, ya que la mezcla se vuelve inestable. El porcentaje de vacíos esta intimamente relacionado por el tamaño del agregado, es decir, un agregado de 10 mm produce de 15 a 25% de vacíos; roca de 12 mm produce de 30 a 40% de vacíos; En pavimentos utilizando agregados de máximo tamaño esta restringido a 1/3 del grosor o espesor especificado del pavimento. Por último un alto % de vacíos, aumenta la permeabilidad pero reduce la resistencia del concreto.

2.2.4.3 Protocolos para la caracterización del concreto permeable

Para la caracterización del concreto permeable y tomando como base los protocolos necesarios para obtener el producto final (concreto), se pueden mencionar los siguientes ensayos, los cuales se les aplica las normas ACI y/o ASTM tanto al producto ya expresado (concreto), así como a los diferentes compuestos.

- Ensayo de compresión a los 7, 14, 21 y 28 días: se realiza uno por cada dosificación y tiempo de fraguado.
- Ensayo de flexión a los 28 días: es la aplicación de cargas en los tercios, ensayo 3 prismas por cada dosificación.
- Ensayo de Arquímedes: es el utilizado para identificar el % de vacíos u huecos, es decir, se utiliza el principio de Arquímedes del peso sumergido, realizando un ensayo por cada prisma.
- Ensayo de permeabilidad: con él se puede conocer el coeficiente de permeabilidad. Para ello se utiliza el permeámetro de carga variable, donde se

realizan pruebas a muestras de 10 cm de diámetro * 15 cm de alto, y por último se aplica la Ley de Darcy para determinar el coeficiente.

Ley de Darcy: Fue encargado del estudio de la red de abastecimiento de agua de la ciudad. En 1847, el agua entubada llega a todos los pisos de todos los edificios de Dijon, transformando así a esta ciudad en la segunda ciudad europea en lo que se refiere a abastecimiento de agua, después de Roma.

Se interesó en el diseño de filtros de arena para purificar el agua. Observando que se presentaba una caída de presión en el agua al pasar a través de una columna de arena, procede a cuantificar el fenómeno. Midió el gasto de agua Q y la caída de presión Dh , que pasa a través de la columna de arena de área transversal A .(Ver figura 3)

Obteniéndose mediante la siguiente relación fenomenológica

$$Q/A \propto \Delta P/L$$

Ec1

Nota: el gasto por unidad de área es proporcional al gradiente de la presión

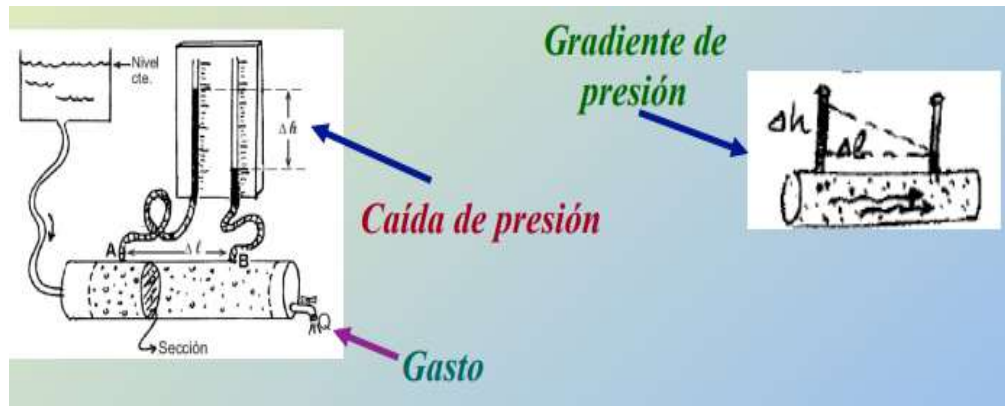


Figura 3 Representación de la ley Darcy

Fuente: Sánchez J. Dpto. De Geología de la Universidad de Salamanca España

Adicionalmente, concluyó que la razón de proporcionalidad dependía del tipo de arena o medio poroso por donde fluía el agua. De esta forma, planteo lo siguiente:

$$Q = KA\Delta p/L \quad \text{Ec2}$$

Relación denominada Ley de Darcy, donde K es la permeabilidad o conductividad hidráulica.

Otros experimentos posteriores sobre flujo en medio porosos, han permitido conocer sobre la dependencia de la constante de permeabilidad K:

“No solamente depende del medio poroso sino también de las propiedades del fluido”

$$K = k(\rho g/n) \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde: k es la permeabilidad intrínseca y K es la porosidad, tortuosidad,.....

- La densidad fresca (peso unitario) del concreto permeable se mide utilizando el método de jugging, descrito en la norma ASTM C 29
- Cuando el concreto permeable es colocado directamente en suelo arenoso se recomienda compactar la base entre un 92 a un 96% de la densidad máxima norma ASTM D 1557

2.2.4.4 Pruebas que se pueden aplicar al concreto permeable y a los agregados

- Prueba de granulometría para grueso (ASTM C-136)
- Prueba de la resistencia a la compresión de los cilindros testigo de concreto (ASTM C-39)
- Prueba de la resistencia a la tensión por flexión en viguetas de concreto (ASTM C-293)
- Prueba de permeabilidad de especímenes de concreto (ACI 522R y ASTM 1701))
- Se usará agregado de tamaño N° 8 (ASTM D 448 y ASTM C33)
- Contenido de vacíos (ASTM C29 15% al 25%)

✓ Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto permeable se encuentra fuertemente afectada por la proporción de la matriz y el esfuerzo de compactación durante la colocación.

En la figura 4, se muestra la relación entre la resistencia a la compresión de concreto permeable en libras por pulgada cuadrada (psi) y el porcentaje de contenido de aire.

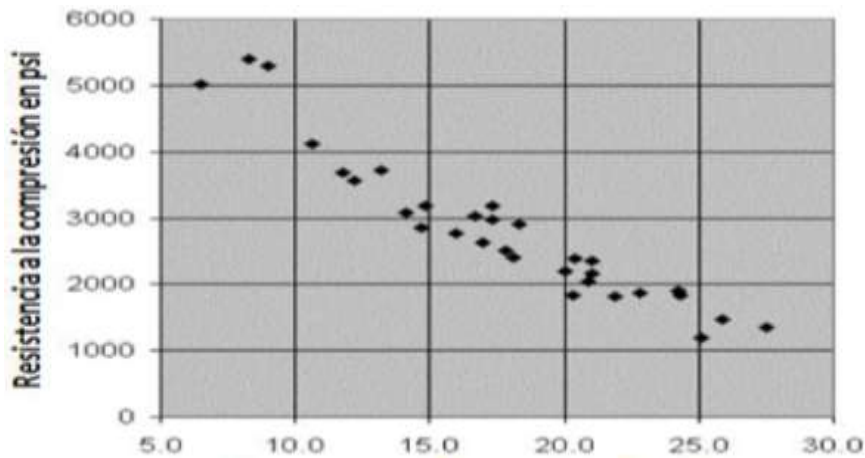


Figura 4 Contenido de aire 4%

Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

Estas cifras se obtuvieron después de realizar una serie de pruebas de laboratorio, con dos (02) tipos de agregado grueso, donde se fue variando el esfuerzo de compactación y la graduación del agregado.

La figura 5 muestra una relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el peso unitario. La cifra está basada en otra serie de ensayos de laboratorio cuando se utilizó agregado grueso, y el esfuerzo de compactación y el tamaño y la proporción de cemento-agregado fue variada.

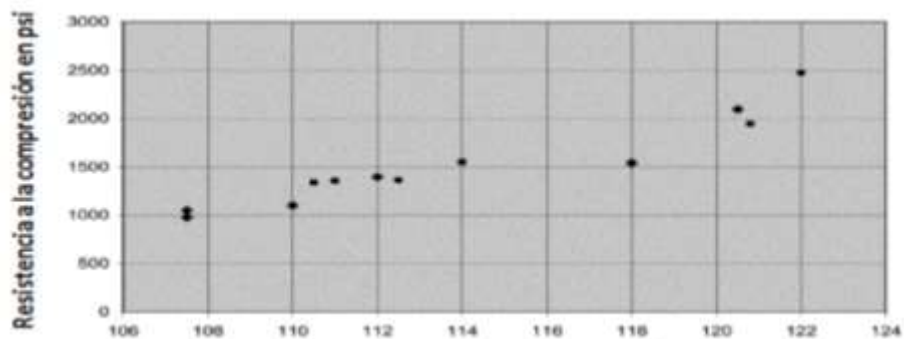


Figura 5. Peso unitario

Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

En la figura anterior se muestra que los puntos fuertes de compresión relativamente alta de mezclas de concreto permeable son posibles.

Aunque la relación agua – cemento (a/c) de una mezcla de concreto permeable es importante para la resistencia a la compresión y la estructura de vacío; se puede observar que una relación agua – cemento alta, puede dar lugar a que la pasta que se crea puede llegar a tapar la estructura debido a su fluidez; y para una relación agua – cemento baja, puede resultar en que se reduzca la adherencia entre las partículas de agregado y también generar problemas de colocación.

La relación entre la relación agua – cemento y el contenido de aire de una mezcla de concreto permeable a dos niveles diferentes de compactación, se puede observar en la figura 6, por experiencia se ha demostrado que una relación agua – cemento de 0.26 a 0.45 proporciona buena estabilidad.

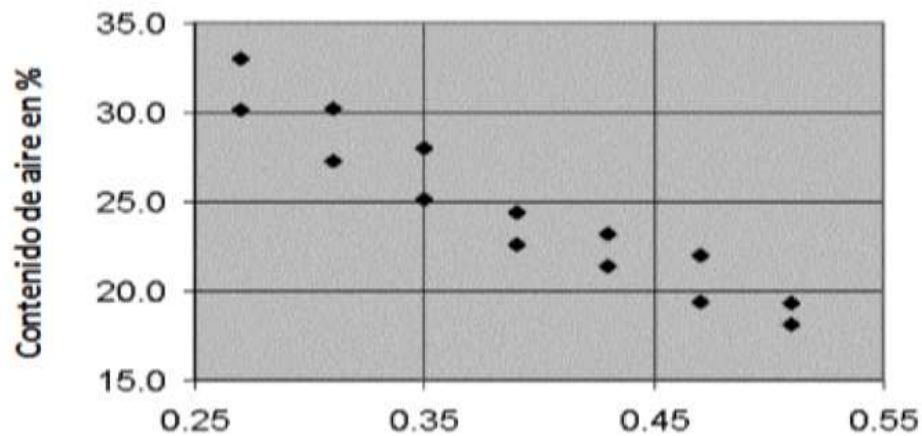


Figura 6 Contenido de aire y Relación agua-cemento (a/c))

Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

El contenido de material cementante total de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de resistencia a la compresión y para la estructura anular.

✓ **Resistencia a la flexión**

La relación entre resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de vacío de aire obtenido por pruebas de laboratorio, se puede observar en la figura 7.

Aunque estos resultados se basan en un número limitado de muestras, comparando los datos de la figura de la resistencia a la compresión, esto indica que la relación entre la compresión y la fuerza de flexión del concreto permeable existe. (Ver figura 7)

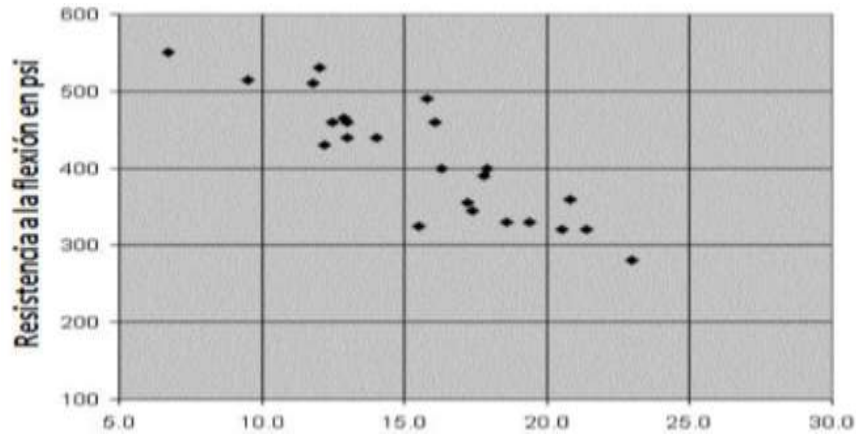


Figura 7. Contenido de aire en %
Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

Ahora bien relación entre resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable para una serie de pruebas de laboratorio, se observa en la figura 8.

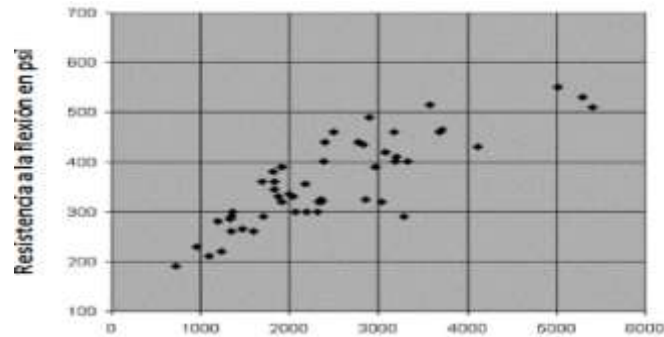


Figura 8. Resistencia a la compresión en PSI
Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

✓ **Contenido de aire / unidad de peso (peso unitario)**

El contenido de aire se calcula como un porcentaje por el método gravimétrico y está directamente relacionado con el peso unitario de una determinada mezcla de concreto permeable.

El contenido de aire es altamente dependiente de varios factores:

- Graduación del agregado.
- Contenido de material cementante.

- Relación agua - cemento.
- Esfuerzo de compactación.

En una serie de pruebas de laboratorio, una sola mezcla de concreto permeable compactada con ocho diferentes niveles de esfuerzo produjeron valores de unidad de peso que fueron variando desde 1680 a 1920 kg/m³.

✓ **Tasa de filtración.**

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar agua. La tasa de filtración del concreto permeable se relaciona directamente con el contenido de vacío de aire.

Las pruebas han demostrado que un contenido mínimo de aire de aproximadamente el 15% es necesario para alcanzar una filtración significativa.

La tasa de filtración aumenta conforme aumenta el contenido de aire y en consecuencia disminuye la fuerza de compresión. El reto en el concreto permeable es lograr un equilibrio en la mezcla de dosificación entre una tasa de filtración aceptable y una resistencia a la compresión aceptable.

La permeabilidad del concreto permeable puede ser medida por un permeámetro como se muestra en la figura 9.

Con este método, la muestra está encerrada en una membrana de látex para evitar que el agua fluya a lo largo de los lados de la muestra. El agua se agrega a la probeta para llenar la celda de muestra y el tubo de drenaje.



Figura 9 Permeámetro

Fuente: Información del estudio realizado por EPA, 2004

La muestra se pre acondicionará permitiendo que el agua drene hacia afuera a través del tubo hasta que el nivel en el cilindro graduado sea el mismo que la parte superior del tubo de drenaje. Esto reduce al mínimo las bolsas de aire en la muestra y asegura que la muestra esté completamente saturada.

Con la válvula cerrada, el cilindro graduado se llena de agua. La válvula se abre entonces, y el tiempo t en segundos necesarios para que el agua caiga desde una cabeza inicial h_1 hasta una cabeza final h_2 se mide. El equipo está calibrado para una carga inicial de 290 mm y una final de 70 mm.

El coeficiente de permeabilidad k en [m/s]) se puede expresar como $k = A/t$
 Donde $A = 0,35$ pulgadas (0,084 m).

✓ **Durabilidad**

La durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo ciertas condiciones ambientales.

Algunos efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto son la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos tales como sulfatos y ácidos. No se han realizado investigaciones sobre la resistencia del concreto permeable a los ataques agresivos por acciones extremas del hombre o agua ácida de sulfato. La durabilidad del concreto permeable bajo condiciones de congelación y descongelación todavía no está bien documentada.

Pruebas limitadas de entrada en condiciones de congelación y descongelación indican poca durabilidad si la estructura entera se llena de agua. En campo existen pocos datos sobre la durabilidad a largo plazo del concreto permeable en los climas fríos. Se debe tener precaución cuando se utiliza el concreto permeable en una situación de saturación por completo cuando una helada pueda ocurrir.

La determinación de la dosis adecuada de mezcla con respecto a los vacíos, factor de cemento y el peso unitario de la mezcla de producción puede ser lograda a través del ensayo de muestras en el laboratorio de concreto.

Las fibras sintéticas pueden ser empleados para alargar la durabilidad y dureza del mismo.

✓ **Absorción acústica**

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaño considerable en el material, el concreto permeable es muy eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por la interacción de los neumáticos sobre el pavimento.

La reducción de ruido se produce debido a la combinación de la generación de ruido reducido y una mayor absorción acústica.

Los pavimentos permeables alteran la generación de ruido, reduciendo al mínimo el aire de bombeo entre el neumático y la superficie de la carretera. Además, los poros absorben el sonido a través de la fricción interna entre las moléculas de aire que se mueve y las paredes de los poros.

Para evaluar las características de absorción acústica de concreto permeable, un tubo de impedancia, se pueden emplear, como se muestra en la figura 10.

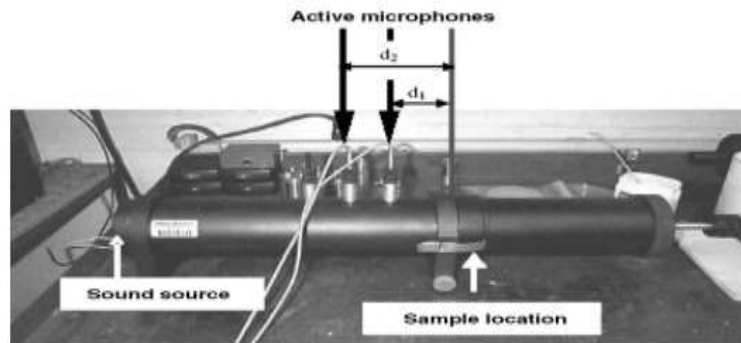


Figura 10 Prueba de absorción acústica.

Fuente: Información del estudio realizado por Univesidad nacional autónoma de mexico, 2009

Un cilindro con un diámetro de 95 mm se puede acomodar en el tubo de impedancia. La muestra se coloca dentro de un cilindro de teflón de funda delgada, en la que se ajuste bien.

El montaje de la muestra es colocada sobre un soporte rígido en un extremo del tubo de impedancia, que está equipado con una fuente de sonido. Un avión de la onda acústica es generado por la fuente de sonido y se propaga a lo largo del eje del tubo.

Los micrófonos colocados a lo largo de la longitud del tubo se utilizan para detectar la presión de ondas sonoras transmitidas a la muestra y la parte de la ola que se refleja. La reflexión o coeficiente de presión R es la relación entre la presión de la onda reflejada a la de la onda de entrada en una frecuencia particular.

El coeficiente de absorción α es una medida de la capacidad de un material para absorber el sonido. Un material con un coeficiente de absorción de 1.0 indica un material que únicamente absorbe, mientras que un material con un coeficiente de absorción de 0 indica que el material es puramente reflexivo.

El concreto normal, por ejemplo, suele tener un coeficiente de absorción de 0.03 a 0.05.

El concreto permeable tiene típicamente un rango de absorción de 0.1 (mezclas mal realizadas) a cerca de 1 (para mezclas con un volumen de poro óptimo y tamaños).

El coeficiente de absorción depende de la frecuencia de las ondas sonoras que inciden, y por lo tanto, es importante seleccionar un buen espesor de concreto permeable con el fin de minimizar los sonidos de la frecuencia deseada (800 a 1200 Hz es la más desagradable para el oído humano).

2.2.4.5 Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto

Los agregados básicamente se pueden clasificarse por su tamaño en finos y gruesos, como los describen las normas ASTM o ACI, las cuales tienen un alcance internacional y son adoptadas para el establecimiento de normas, reglamentos y leyes, de varios países. Por ejemplo Colombia, se tiene la Norma Técnica Colombiana NTC 174: “Concretos. Especificaciones de los Agregados para Concretos”, que establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos (excepto los agregados livianos y pesados), para uso en concreto; además, presenta información que puede ser utilizada por el contratista, el proveedor o el comprador de agregados para concreto.

También existen otros tipos de clasificación de los agregados los cuales son:

➤ **Por origen**

a. Agregados ígneos: son todos los agregados provenientes de rocas ígneas, generalmente, este tipo de rocas son conocidas también como originales, endógenas o magmáticas. Se pueden clasificar en: Intrusivas, abisales o plutónicas; Filonianas o hipo abisales; Extrusivas, efusivas o volcánicas.(ver figura 11)



Figura 11. Agregados ígneos

Fuente Wikimedia-Rojimegro81

b. Agregados sedimentarios: Son los agregados provenientes de rocas sedimentarias, las cuales son las de mayor abundancia en la superficie terrestre. Este tipo de rocas está formado por fragmentos de rocas ígneas, metamórficas u otras sedimentarias. Se pueden originar por descomposición y desintegración o por precipitación o deposición química.(ver figura 12)



Figura 12. Agregados sedimentario

Fuente: Wikimedia-Pascua Theus

c. Agregados metamórficos: Son todos los agregados provenientes de rocas metamórficas, que a su vez provienen de ígneas y sedimentarias, las cuales experimentan grandes presiones y altas temperaturas generadas en los mismos metamorfismos de contacto o metamorfismo regional o dinámico.(ver figura 13)



Figura 13. Agregados metamórficos
Fuente: Wikimedia

➤ **Por color**

Es una de las clasificaciones más fáciles de utilizar ya que solo considera el color del material para hacer una diferenciación, sin embargo también es uno de los métodos que menos información proporciona acerca del material y del desempeño que puede tener en la mezcla de concreto.

➤ **Por tamaño de la partícula**

Esta identificación de los agregados se deriva de dividirlos de acuerdo con aquel que pasa o no la frontera nominal de 4,75 mm (Tamiz N°4), de acuerdo a lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana NTC 32, *Tejido de alambre y tamices para propósito de ensayo*.

De acuerdo al tamaño de la partícula se tienen dos clases de agregados:

Agregado fino: material que pasa 100% el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200. Generalmente es clasificado como arena gruesa o fina.

Agregado grueso: es aquel que es retenido 100% en el tamiz N° 4 o superior.

➤ **Por el modo de fragmentación**

Dependiendo del tipo de fragmentación que tienen, los agregados se pueden clasificar en: Agregados naturales: son los agregados fragmentados por procesos naturales como la erosión; Agregados manufacturados: son todos los agregados fragmentados con procesos mecánicos; Agregados mixtos: son una combinación de agregados fragmentados de forma natural y de forma artificial.

➤ **Por el peso específico**

En función de este parámetro se pueden clasificar: Agregados ligeros; Agregados normales; Agregados pesados.

➤ **Por los agregados reciclados y por origen**

, esta última se realiza con base en la procedencia de las rocas y los procesos físico-químicos involucrados en su formación, se pueden encontrar las siguientes clases de agregados:

Agregados reciclados limpios: son los que están compuestos por un solo elemento en su mayoría (aproximadamente 95%) y además tienen un porcentaje de impurezas muy bajo (alrededor del 5%).

Agregados reciclados sucios: son todos aquellos agregados que tienen valores fuera de los rangos que se encuentran establecidos.

Estos agregados tienen su origen principal en las demoliciones y varían dependiendo de la estructura de la cual provengan (nueva construcción, reforma o demolición) y de factores como función para la cual fue diseñada la estructura original, edad de la estructura, zona donde fue construida.

✓ **Importancia de los agregados en el concreto**

La importancia del uso de los agregados en el concreto tiene como objetivo reducir los costos en la producción de la mezcla, es decir, reduce el contenido del cemento por metro cúbico, ayudar a controlar los cambios volumétricos, en otras palabras, ayuda a controlar los cambios del volumen resultantes de los procesos de fraguado, de curado y secado de la mezcla de concreto y por último aportar a la resistencia final del material. Los agregados tienen una participación entre el 65% y el 70% del total de la mezcla de concreto.

Se puede decir, que se debe mejorar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas y necesarias según el diseño de mezcla. Los agregados deben ser partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres

de productos químicos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la mezcla de concreto.

2.2.4.6 Propiedades del concreto permeable

➤ Propiedades en estado fresco

✓ Revenimiento: En general, es cero; sin embargo se han usado valores en el rango de 20 a 50 mm. La prueba del revenimiento –que se puede realizar de acuerdo con la ASTM C143– no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un valor de referencia, debido principalmente a que la mezcla es demasiado rígida y la medición del revenimiento en la mayoría de casos no es aplicable.

✓ Peso unitario: El peso unitario del concreto permeable es del orden del 70% del concreto convencional. Su determinación se hace de acuerdo con lo especificado en la ASTM C1688.

✓ Tiempo de fraguado: El tiempo de fraguado se reduce en el concreto permeable, por lo que en algunos casos se deben usar aditivos químicos para permitir la adecuada colocación.

➤ Propiedades en estado endurecido

✓ Porosidad: La porosidad es una medida de los espacios vacíos entre los agregados. La condición para que un concreto sea permeable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%.

✓ Permeabilidad: La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua.

➤ Propiedades mecánicas. La resistencia a compresión usual es del orden de 17 MPa; sin embargo, se pueden desarrollar resistencias hasta de 28 MPa. La

resistencia a compresión está influenciada por los materiales componentes, el esfuerzo de compactación y por el contenido de vacíos. La Figura 4 muestra la relación entre la resistencia a compresión y el contenido de vacíos para 2 tamaños de agregado, 19.0 y 9.5 mm (ASTM C33, No. 67, y 8, respectivamente).

La resistencia a flexión varía entre 1 y 3.8 MPa. Su determinación puede estar sujeta a importante variabilidad, por lo que es común medir la resistencia a compresión y usar relaciones empíricas para estimar su valor. Por su parte, la contracción por secado en el concreto permeable se presenta más pronto, sin embargo, es menor, del orden de la mitad de lo esperado en el concreto convencional. La menor contracción permite eliminar el número de juntas, o en todo caso, respecto a los pavimentos construidos con concretos convencionales, colocarlas más espaciadas.

➤ Beneficios

✓ Medioambientales:

- La elevada permeabilidad del concreto permeable, es una solución al problema del escurrimiento superficial proveniente de las aguas pluviales, cuando se usa como sistemas de pavimentos de concreto permeable, evitando los encharcamientos.
- Otro beneficio asociado a su uso está relacionado con su capacidad de permitir la filtración de los contaminantes de los automóviles, lo que impide la contaminación de áreas adyacentes, como sucede con las superficies impermeables.
- Además, cuando se usa en combinación con áreas verdes, la estructura porosa permite el ingreso de agua y oxígeno, necesario para el crecimiento de las plantas que dan sombra y calidad al aire.
- Así mismo, el efecto de isla de calor, que es un fenómeno asociado a las urbanizaciones y que está relacionado a la construcción de estructuras que

tienden a retener calor, disminuye por el mayor albedo del concreto permeable, dado que su estructura de poros permite la circulación de aire y por lo tanto menor retención de calor.

- También, la luz que refleja el concreto permeable hace que disminuya la temperatura ambiental, especialmente en las zonas urbanas; en la noche, los pavimentos de concreto permeable requieren de menor iluminación debido a la mayor reflexión que tienen a la luz.(ver tabla 5)

Tabla 5. Propiedades del concreto permeable.

<i>Propiedad</i>	<i>Rango</i>
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, kg/m ³	1600-2000
Tiempo de fraguado ¹ , hora	1
Porosidad, % (en volumen)	15 – 25
Permeabilidad ² , l/m ² /min (cm/seg)	120-320 (0.20 – 0.54)
Resistencia a la compresión MPa	3.5 -28
Resistencia a la flexión MPa	1 -3.8
Contracción, cm	200x10 ⁻⁶
¹ Con aditivos químicos, se puede extender el tiempo	
² En laboratorio se han encontrado valores de velocidad de flujo tan altas como 700 l/m ² /min	

- ✓Económicos: El concreto permeable puede usarse como una alternativa en áreas de estacionamiento y reducir la necesidad de construir drenajes para almacenar el agua pluvial. El mismo pavimento actuará como área de retención, lo que reducirá el costo de la construcción de pozos de retención, la instalación de bombas, los tubos de drenaje, y su mantenimiento o permitir sistemas de alcantarillado de menor tamaño.

- ✓ • Estructurales: La textura porosa del concreto permeable proporciona la tracción suficiente para los vehículos y reduce el hidroplaneo, aún con lluvia, permitiendo seguridad a los conductores y a los peatones. El concreto permeable es durable y resistente al tiempo, pudiendo durar muchos años (20 a 30 años) con el mantenimiento adecuado.

2.2.4.7 Ventajas y desventajas del uso del concreto permeable

- Ventajas. El uso de concreto permeable en pavimentos pueden considerarse como una cadena de drenaje sostenible completa por sí mismos, pues integra los procesos de infiltración, captación, transporte y almacenamiento (Rodríguez Hernández, 2008). Entre las ventajas se tienen:
 - ✓ Todas las superficies son 100 % permeables
 - ✓ Se eliminan los charcos.
 - ✓ Reduce en forma notable la temperatura de las superficies.
 - ✓ Reduce en forma notable el ruido provocado por la circulación vehicular.
 - ✓ Permite la reducción o incluso eliminación los drenajes pluviales.
 - ✓ Evita el acuaplaneo de las llantas de los autos.
 - ✓ Es compatible con materiales usados para pavimentos para que se logren superficies permeables.
 - ✓ La superficie es plana ya que no necesita “bombeo”.
 - ✓ Adquiere sus características de resistencia entre 24 y 72 horas.
 - ✓ Se puede hacer en varios colores y con distintos tipos de piedra.
 - ✓ Sus bases y sistemas constructivos son más baratos que los de los pisos y pavimentos tradicionales, por lo que el costo por m² instalado es más barato que el concreto hidráulico.
 - ✓ Se puede mezclar en obra o en plantas de premezclado.
 - ✓ Ventajas de carácter ambiental.

✓ Las principal ventaja es la posibilidad de reutilización de las aguas pluviales para usos no potables (García Haba, 2011).

✓ Permiten que los suelos retengan la humedad por más tiempo, favoreciendo así las áreas verdes, además de permitir la recarga de los mantos freáticos (Saucedo Vidal, 2012).

✓ Este tipo de pavimentos ayuda a reducir el riesgo de inundaciones, ya que libera de manera diferida el agua. Por otro lado, permite un mejor aprovechamiento del agua lluvia, la cual generalmente se contamina al mezclarse con el agua del drenaje sanitario, además de evitar el transporte de residuos o desechos del agua reduciendo el riesgo de obstrucción de alcantarillas (Saucedo Vidal, 2012).

✓ Además, permiten el crecimiento de vegetación. En efecto, los árboles pueden vivir alrededor de 100 años o más, pero cuando están plantados cerca de pavimentos tradicionales disminuyen su tiempo de vida incluso a siete años. Los pavimentos porosos ayudan a que el agua lluvia se filtre rápidamente en el suelo, por lo que los recursos de agua subterránea se renuevan rápidamente en el tiempo. Además a medida que el pavimento es permeable al aire y al agua, la parte de abajo del suelo puede mantenerse húmeda, mejorando el entorno del pavimento permitiendo la plantación y prolongando el tiempo de vida de vegetación.

➤ Desventajas.

✓ El pavimento poroso es muy sensible a la compactación del terreno, ya que puede verse reducida su capacidad de infiltración, factor muy importante para que el mismo tenga una perfecta funcionalidad. Por tanto, un desacertado diseño, una mala ejecución o un insuficiente o inexistente mantenimiento producirá una reducción en la fiabilidad del sistema.

Desventajas de carácter ambiental

✓ Por su estructura porosa, pueden penetrar contaminantes que de no ser retenidos, absorbidos o reducidos, continúan transportándose a través del suelo contaminando las aguas subterráneas, por lo que debe evitarse su instalación en áreas contaminadas.

2.3 Definición de términos básicos

ACI: La American Concrete Institute (**ACI**) es una organización sin fines de lucro de educación técnica para la sociedad fundada en 1904 y es una de las autoridades líderes mundiales en el manejo y práctica del concreto.

Absorción de agua: Es una medida de la porosidad abierta de una pieza de cerámica, y el porcentaje de agua en peso que puede absorber una pieza cerámica.

Adherencia (morteros cola): Capacidad del material de agarre para fijar la baldosa a un determinado soporte. Puede ser de dos tipos:
-Adherencia química: se produce cuando entre dos materiales se desarrollan uniones por contacto.

Adherencia mecánica: es originada por la penetración y endurecimiento del cemento en el interior de los poros del soporte y la baldosa.

Adherencia en hormigón: Capacidad de un material de fijarse a un soporte. Puede ser de dos tipos: Adherencia química: Se produce cuando dos materiales desarrollan uniones por contacto; Adherencia mecánica: es originada por la penetración y endurecimiento del cemento en el interior de los poros del soporte.

Adherencia en revestimientos: Capacidad de un revestimiento de fijarse a un soporte. Puede ser de dos tipos: Adherencia química: se produce cuando dos materiales se desarrollan uniones por contacto; Adherencia mecánica: es original por la penetración y el endurecimiento del cemento en el interior de los poros.

Aditivos: Los aditivos para hormigón (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar

las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones

Agregados: Material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.... Agregado ligero: Agregado de baja densidad utilizado para producir concreto ligero.

Agregado fino: La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados. ... Arena manufacturada o arena triturada: Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).

Agregado grueso: La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.

ASTM: Desde su fundación en 1898, **ASTM International** (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de **normas** más grandes del mundo. En **ASTM** se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear **normas** de consenso voluntarias.

Autocompactable El **concreto autocompactante** (CAC), conocido también como **concreto** autoconsolidante, es un **concreto** altamente fluido sin segregación, que puede ser extendido en el sitio, llenando la formaleta y encapsulando el refuerzo, sin ningún tipo de con- solidación mecánica.

Cemento: Mezcla calcinada de piedra calcárea, arcilla y otras sustancias molida hasta obtener una textura muy fina. Es un material hidráulico que posee la propiedad de endurecerse al entrar en contacto con el agua, siendo el aglomerante más usado en

construcción. Según su composición y procedimiento de fabricación se obtienen diversos tipos de cemento.

Concreto (hormigón): Mezcla de aglomerante, arena y grava, cascote o canto rodado, amasado con agua. Existen múltiples tipos de hormigones. Apisonado: el amasado con poca agua. Armado: el que está reforzado con armaduras internas de hierro. Colado: el que por su consistencia fluida puede correr por canales inclinados, siendo especialmente usado en obras de gran masa. De escoria: formado por cemento pórtland y escorias de coque. Hidráulico: aquél cuya cal es hidráulica. De pómez: hormigón de gran ligereza, formado por cemento y piedra pómez, apto para forjados y rellenos livianos.

Concreto endurecido: Después de que el **concreto** ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del **concreto endurecido** son resistencia y durabilidad. El **concreto endurecido** no tendrá huellas de pisadas si se camina sobre.

Concreto fresco: Concreto Fresco: Suele llamársele así a la etapa del concreto que abarca, desde que todos los materiales, incluyendo el agua, del **concreto** han sido mezclados hasta que el **concreto** ha sido colocado en su posición final y se ha dado el acabado superficial y el curado inicial

Curado: el curado es el proceso con el cual se mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después del vaciado, para que se puedan desarrollar en él las propiedades de resistencia y durabilidad

Fraguado: El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el clinker que compone el cemento.

Infiltración: Forma en que el agua se introduce en los medios porosos, como el terreno.

Impermeabilización: Solución preparada de tal manera que hace que los componentes de una construcción no pueda ser atravesada por el agua o líquidos semejantes.

Mezcla: Es un material formado por dos o más componentes unidos, pero no combinados químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas. No obstante, algunas mezclas pueden ser reactivas, es decir, que sus componentes pueden reaccionar entre sí en determinadas condiciones ambientales.

Nivel freático: Es el nivel en el que se encuentran las aguas subterráneas. Cuanto más alto sea el nivel freático, más cerca están las aguas subterráneas de la superficie y cuando más bajo, más lejos se encuentran.

Pavimento: Capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano.

Permeabilidad: Capacidad que tiene un revestimiento de permitir el paso del de agua.

Permeabilización: Capacidad que tiene un revestimiento de permitir el paso de vapor de agua.

Permeable: Propiedad de un medio poroso como la tierra, de ser atravesado por el agua.

Porosidad: Es una medida de espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total, entre 0-1, o como un porcentaje entre 0-100 %.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En todo trabajo de grado de Especialización, Maestría y las Tesis Doctorales, se hace necesario que los hechos estudiados, así como las relaciones de los mismos, los resultados, las evidencias y nuevos conocimientos en relación al problema investigado, reúnan condiciones de objetividad, fiabilidad y validez, lo cual se consigue delimitando los procedimientos de orden metodológico, a través de intentar dar respuestas a las interrogantes objeto de estudio.

En la investigación relacionada con la Evaluar el comportamiento del concreto permeable utilizando diferentes tipos de agregados para la empresa FRAMEX, C.A, ubicada en Valencia, estado Carabobo, se hace necesario, situar a detalle, el conjunto de métodos, técnicas y protocolos instrumentales que se emplearan en el proceso de recolección de datos requeridos en dicho proyecto.

3.1 Diseño de investigación

Para Palella Stracuzzi y Martins Feliberto (2012), el diseño de la investigación depende de la clase de estudio a realizar, es decir, sirve de orientación de como recolectar la información o datos necesarios para el desarrollo de los objetivos de la misma. De acuerdo a esto los diseños de investigación son: de campo, pre-experimentales, cuasi experimentales, documentales.

De acuerdo al objeto de estudio se va a trabajar con una investigación de campo y documental donde Sabino (2010), la define que “La investigación de campo es los que se refiere a los métodos empleados cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mide el trabajo concreto del investigador y su equipo” (p.89), y el manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL (2007), indica:

Que una investigación de Campo, es el análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquier paradigma o enfoque de investigación conocidos o en desarrollo.

Y la investigación documental Baena (2001) la define: “como una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”, (p. 72) y Garza (2012) la define más específicamente mencionando que esta técnica “...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información..., registros en forma de manuscritos e impresos,” (p. 8).

3.2 Tipo de investigación

Según Cervo y Bervian (1.989) definen la investigación como una actividad encaminada a la solución del problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante el empleo de procesos científicos. (p. 41).

Así mismo, el Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2.006) define un proyecto factible como, “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (p.13). Por todo esto, la presente investigación se enmarca dentro de un proyecto factible

3.3 Nivel de la investigación

Para Arias (2006), “el nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda el fenómeno u objeto de estudio” (p.23). A este respecto

las clasifica en: (a) exploratoria; (b) exploratoria; y (c) explicativa. Según esta definición esta investigación es de tipo descriptiva.

Tomando en cuenta que la investigación descriptiva según Arias (Ob. cit), “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).se considera que la presente investigación la evaluar el comportamiento del concreto permeable utilizando diferentes tipos de agregados para la empresa FRAMEX, C.A se corresponde al planteamiento antes descrito.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Definida claramente el tipo de investigación, el siguiente paso es clarificar cual es el objeto de estudio, estableciendo la unidad de análisis que permita delimitar la amplitud de la población. Arias (2012) define población como: “una investigación puede tener como propósito el estudio de un conjunto numeroso de objetos, individuos, e incluso documentos. A dicho conjunto se le denomina Población” (p.81), por su parte Palella y Martins (2010), hacen referencia a un conjunto de unidades de las que se debe obtener información, conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación.

Así, la población es, el conjunto de todas las cosas que concuerdan con un determinado grupo de especificaciones requeridas por el estudio. Al determinar la población o universo, se delimita también los alcances de la investigación, permitiendo establecer prioridades que contribuyan a establecer metas para el plan de trabajo y definir claramente los objetivos a alcanzar. Por consiguiente la determinación de la población es el soporte fundamental del trabajo de investigación. En la presente investigación se ha determinado que la población, serán los diferentes dosificaciones , con los que se ensayara hasta llegar a la dosificación ideal, de un concreto permeable nacional.

3.4.2 Muestra

La muestra no es más que una porción representativa de los elementos que componen la población o universo. Según Sabino (2.007), “la muestra es una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarnos” (p. 54).

La muestra estará determinada después de realizar los ensayos y lograr determinar la dosificación requerida para la elaboración del concreto permeable con los agregados nacionales.

3.5 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Información

Una vez que se ha realizado el plan de la investigación, se empieza a interactuar directamente con la realidad del objeto de la investigación o trabajo de campo, es entonces cuando se hace uso de las técnicas de recolección de información y/o datos, en esta se vale del empleo de instrumentos que facilitan la obtención de material bibliográfico necesario para poder desarrollar y poner en marcha el proyecto. Entre los instrumentos recurridos para obtener información para la ejecución del proyecto se encuentran:

La Observación: esta es fundamental en todos los campos de la ciencia, consiste en el uso sistemático de los sentidos orientados a la captación de la realidad que se estudia. Concebida esta técnica, la observación consiste en estar a la expectativa frente al fenómeno, del cual se tomó y se registra la información para su posterior análisis, en ella se apoyó el investigador para obtener el mayor número de datos.

Para Stracuzzi S, y Pestana F (2004) existen dos clases de observación, la científica y la no científica, donde la diferencia básica entre ambas está en la intencionalidad. Ya que la primera significa observar un objetivo claro y preciso, donde se puede decir, que observar sin intención científica es mirar sin objetivo definido y, por tanto sin preparación previa.

Y para Farías F (2004), puede ser: a.) Simple o no participativa, es decir, el investigador no se involucra en el medio donde se realiza el estudio; b.) Participante,

en este caso el investigador pasa a ser parte de la comunidad o medio del objeto en estudio.

Internet: es actualmente la herramienta de recaudación de información más usada en todo el mundo su empleo es muy versátil y cubre una vasta gama de áreas entre ellas la planificación.

Revisión de Textos: Los libros, revistas y folletos se presentan como una de las herramientas más adecuadas en el propósito de encontrar o conseguir la información necesaria acerca del proyecto.

Revisión de Normas: La revisión de normas como fuente de información reside en el empleo de los mismos para conocer los parámetros del concreto permeable más importantes o que tengan que tomarse en cuenta a la hora de realizar las pruebas seleccionadas.

Técnicas de análisis: El análisis: es la descomposición de un todo en sus elementos. El análisis, es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia y comprender su esencia. El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

Para llevar a cabo la investigación analítica, el profesional tendrá necesariamente que realizarla sistemáticamente, a través de varias etapas de manera progresivamente ascendente. Los pasos son:

La observación: es el primer paso del analista, consiste en observar detenidamente un fenómeno que despierta interés científico o bien que ha sido escogido deliberadamente con fines de estudio.

La descripción: viene a ser la transcripción de lo que se ve, se palpa y se encuentra la observación.

El examen crítico: es consecuencia directa de la descripción, consiste en examinar el fenómeno con ojos críticos, con objetividad.

La descripción del fenómeno: analizar el fenómeno a fin conocerlo en todos sus detalles y aspectos.

La enumeración de las partes: es la resultante del análisis anterior, para hacer más fácil su estudio.

La ordenación: es la parte que facilita la comprensión del estudio.

La clasificación: es el paso definitivo de la investigación, conduce a establecer la claridad del fenómeno como un todo.

La Síntesis: es la meta y resultado final del análisis, no es propiamente un método de investigación, sino más bien una operación fundamental del espíritu, por medio del cual se logra la comprensión cabal de la esencia de lo que se ha conocido en todos sus aspectos particulares, ósea, del análisis.

La inducción: va de lo particular a lo general. Se emplea el método inductivo cuando de la observación de hechos particulares obtiene proposiciones generales. Es aquel que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

La deducción: Va de lo general a lo particular. El método deductivo es aquel que parte de datos generales aceptados como valederos, para deducir, por medio del razonamiento lógico varias suposiciones; es decir, parte de verdades previamente establecidas como principio general para luego aplicarlos a casos individuales y comprobar así su validez.

3.6 Fases de la Investigación

Para llevar a cabo la investigación se cumplirá con cinco fases metodológicas, de acuerdo con los objetivos específicos planteados:

Fase I. Identificar cuál es la situación actual del concreto permeable en la región.

Para poder determinar la situación actual del concreto, los investigadores se valdrán de dos herramientas:

1. Investigar en la red de internet cual es la situación de este en la región, así como si existe investigación nacional respecto al tema objeto.
2. Visitar las plantas de concreto premezclado en el estado Carabobo para cerciorarse si hay alguna investigación y, si ya disponen y comercializan el mismo.

Una vez se sepa cuál es la condición actual, se podrá saber si ya este ha sido implementado y estudiado.

Fase II. Revisar los agregados que la empresa FRAMEX, C.A. requiere sea evaluado con el concreto permeable.

En este caso se tendrán que estudiar los agregados que se desean utilizar, aplicando los ensayos contemplados en las normas COVENIN.

Estos deben cumplir unos requerimientos mínimos para poder ser utilizados. Tener ciertas características que produzcan una mezcla satisfactoria de concreto permeable.

Algunas de los ensayos que se realizaran serán los siguientes:

- ✓ COVENIN 255:1998 Agregados. Determinación de la composición granulométrica
- ✓ COVENIN 256:1977 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico)
- ✓ COVENIN 257:1977 Método de ensayo para determinar el contenido de partículas desmenuzables en agregados
- ✓ COVENIN 258:1977 Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo 75 μ en agregados minerales

- ✓ COVENIN 261:1977 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en las arenas.
- ✓ COVENIN 263:1978 Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
- ✓ COVENIN 264:1977 Método de ensayo para determinar el cociente entre la dimensión máxima y la dimensión mínima en agregados gruesos para concreto
- ✓ COVENIN 266:1977 Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados grueso por medio de la máquina de los ángeles.
- ✓ COVENIN 268:1998 Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- ✓ COVENIN 269:1998 Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción.
- ✓ COVENIN 277:2000 Concreto. Agregado. Requisitos.

Fase III. Seleccionar las pruebas a las que se someterá el concreto permeable.

Haciendo uso de las normas que den el caso, y que por el tipo de material son normas internacionales como la ACI, ASTM y otras, se ejecutaran algunos de los ensayos que deben ser aplicados a cualquier concreto en estudio para observar el comportamiento del mismo y estos resultados permitirán constatar si efectivamente este concreto cumple los requerimientos mínimos para ser utilizado en este país.

Dependiendo de la norma utilizada son:

- ✓ COVENIN 028:2003 Requisitos para el cemento portland
- ✓ *COVENIN. 270:1998.* Agregados. Extracción de muestra para mortero. Y concreto.
- ✓ COVENIN 339-79 Concreto. Medición del asentamiento con el cono de Abrams.

- ✓ COVENIN 342:1979 Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión de concreto para vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- ✓ COVENIN 344:1992 Toma de muestras de concreto fresco.
- ✓ COVENIN 347-79 Concreto. Determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método volumétrico.
- ✓ COVENIN 356-83 Aditivos químicos para concreto. Especificaciones
- ✓ COVENIN 633:2001 Requisitos concreto premezclado
- ✓ COVENIN 1976:1999 Concreto. Evaluación y métodos de ensayo
- ✓ COVENIN 2385:2000 Agua de mezclado para concretos y morteros. Especificaciones.
- ✓ ACI 522 Concreto permeable

Fase IV. Analizar los resultados obtenidos.

Realizadas las tres fases anteriores se analizaran los resultados arrojados por las mismas. Esto permitirá cuantificar si efectivamente se puede implementar este concreto en el mercado ya que cumpliría con todos los requisitos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Identificar cuál es la situación actual del concreto permeable en la región.

Para poder identificar la situación actual del concreto permeable, se utilizaron múltiples instrumentos los cuales facilitaron la tarea de conocer y poder cuantificar el escenario real, algunas de estas herramientas fueron:

4.1.1 Observación directa

En este caso se visitaron diferentes plantas de premezclado de la región, con el fin de saber si ya tenían investigaciones previas o si ya contaban en su empresa con este producto. Además se les pregunto a algunos profesionales, en entrevistas personales del tipo no estructuradas, especialistas en el área de la construcción, si tenían conocimiento de alguna obra o edificación que ya tuviese en su sistema este producto.

4.1.2 Internet

Hoy en día una de las herramientas más útiles para conocer diferentes acciones o eventos es este medio, por lo cual se hizo una exhaustiva revisión de las múltiples páginas y sitios web para conocer si en Venezuela se contaba con este novedoso producto, siendo la búsqueda no fructífera, puesto que no se encontró ningún desarrollo de ningún tipo de investigación, con este material en el país.

Luego de realizar y desempeñar ambas herramientas se pudo notar que en el país no se cuenta con este producto. Así que se dice que al día de hoy que esta pudiese ser la primera investigación documentada acerca este material.

4.2 Revisar los agregados que la empresa FRAMEX, C.A. requiere sean evaluados con el concreto permeable.

4.2.1 Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y grueso

Para el buen desempeño de este ensayo, se siguió los pasos de la norma COVENIN 255-1977 “método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos”

- ✓ Para poder obtener la cantidad de muestra con la que se va a trabajar lo primero que se debe hacer es tomar una gran cantidad de material (aproximadamente dos kilogramos para agregado fino y cuatro kilogramos para agregado grueso) y realizar el cuarteo, lo que permitirá que los componentes del agregado estén repartidos uniformemente en toda la porción tomada.(ver figura 14)



Figura 14 Muestra a utilizar
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

- ✓ Por otra parte se tomaran 500 gramos de agregado fino y alrededor de 2000 gramos de agregado grueso, recordando que esto es después de realizar el cuarteo, se humedecerá previamente para evitar segregación y se secara en el horno y se pesara nuevamente para conocer el peso seco (W_s). (ver tabla 6 y Figura 15)

Tabla 6 Peso de Agregados

Agregado fino		Agregado grueso	
Peso inicial (W) (g)	500	Peso inicial (W) (g)	1235,2
Peso seco (W_s) (g)	479,6	Peso seco (W_s) (g)	1230,6

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Figura 15 Horneado y secado de la muestra
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

- ✓ Luego se realizó el ensamble todos los cedazos en el orden y tamaño de sus aberturas según la norma lo indica, según sea el caso, para el agregado fino se utilizaran una serie de cedazos y para el agregado grueso se realizara con otros, coloque la muestra en el tamiz superior y ponga en funcionamiento la tamizadora durante 15 minutos. (ver figura 16)



Figura 16 Tamizadora

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

- ✓ Finalmente se debe pesar el material que quedo en cada uno de los cedazos y se deben ingresar en la tabla 7 para grano fino y tabla 8 grano grueso. Luego para calcular y representar la curva granulométrica se tienen los gráficos 1 para grano fino y gráfico 2 grano grueso.

Tabla 7 Agregado Fino:

Análisis Granulométrico – COVENIN 255		Cantidad	Retenido	Retenido Acumulado	Pasante Acumulado
Tamices (Abertura de malla)		Retenida (g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	37.5mm		0,00	0,00	
1"	25mm		0,00	0,00	
3/4"	19mm		0,00	0,00	
1/2"	12.5mm		0,00	0,00	100,00
3/8"	9.5mm	26,1	1,59	1,59	98,41
1/4"	6.35mm	222,2	13,50	15,09	84,91
No. 4	4.75mm	81,1	4,93	20,02	79,98
No. 8	2.38mm	196,9	11,97	31,98	68,02
No. 16	1.19mm	183,7	11,16	43,15	56,85
No. 30	0.6mm	258,5	15,71	58,86	41,14
No. 50	0.3mm	374,1	22,73	81,59	18,41
No. 100	0.15mm	227,9	13,85	95,44	4,56
Fondo		75	4,56	100,00	0,00
Totales:		1645,5			
Módulo de Finura				3,33	

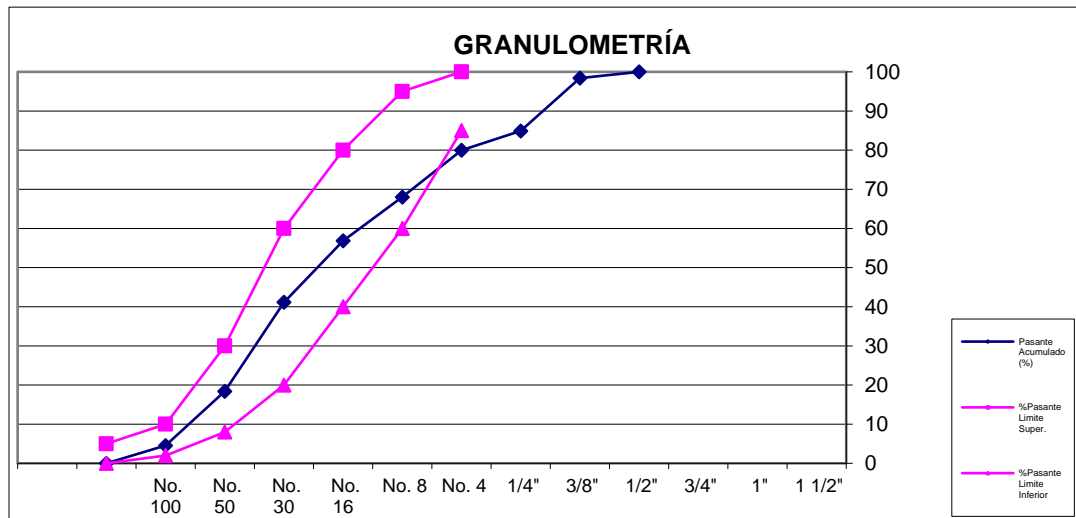


Gráfico 1 Granulometría agregado fino

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 8 Agregado grueso:

Análisis Granulométrico – COVENIN 255		Cantidad Retenida (g)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Tamices (Abertura de malla)					
37.5mm	1 1/2"				100,00
25mm	1"	111,2	4,76	4,76	95,24
19mm	3/4"	987,9	42,27	47,02	52,98
12.5mm	1/2"	943,2	40,35	87,38	12,62
9.5mm	3/8"	281,8	12,06	99,44	0,56
6.35mm	1/4"	2,5	0,11	99,54	0,46
4.75mm	No. 4				
2.38mm	No. 8				
1.19mm	No. 16				
0.6mm	No. 30				
0.3mm	No. 50				
0.15mm	No. 100				
Fondo	Fondo	10,7			
Totales:		2337,30			

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

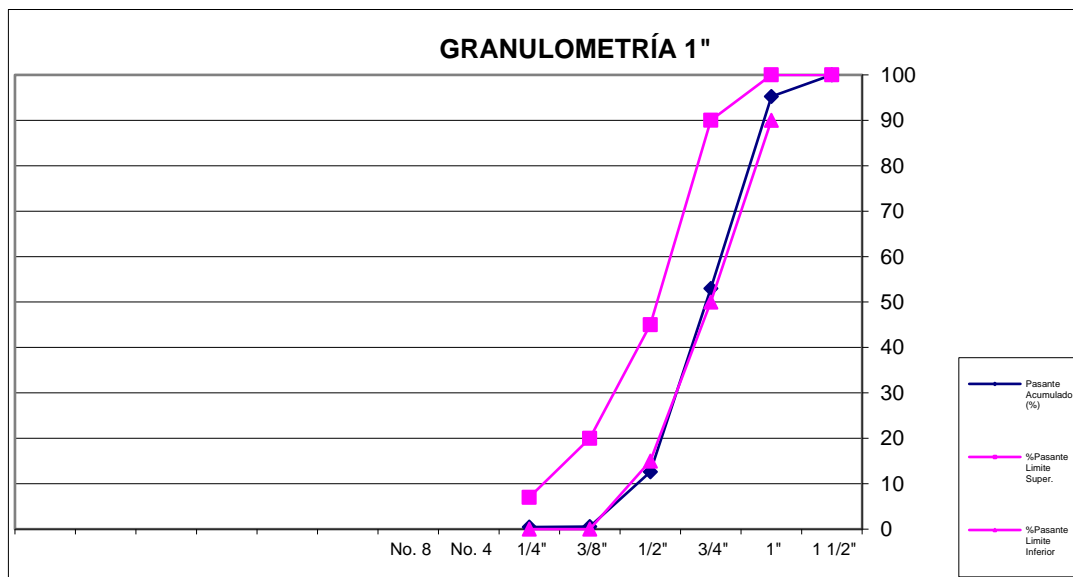


Gráfico 2 Granulometría agregado grueso

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Las fórmulas utilizadas para obtener todos los resultados fueron:

Ec. 4

$$\% R = \frac{\mathbf{Prpt(gr)}}{\mathbf{Ptm (gr)}} \times 100 (\%)$$

Dónde: % R= Retenido
Prpt= peso retenido por tamiz
Ptm= peso total de la muestra

Ec. 5

$$\% \mathbf{Ra} = \% \mathbf{Raa (gr)} + \% \mathbf{Rst(gr)}$$

Dónde: % Ra= Retenido acumulado
Rapt = Retenido acumulado anterior
Rst = Retenido del siguiente tamiz

Ec. 6

$$\% \mathbf{P} = \% \mathbf{P} - \% \mathbf{Prpt}$$

Dónde: % P = % Pasante
Prpt= peso retenido por tamiz

4.2.2 Ensayo colorimétrico.

Este ensayo fue realizado siguiendo la norma COVENIN 256-1977 “Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto”

- ✓ Se llena un frasco de vidrio claro con la muestra de arena a ensayar hasta un tercio de la altura del mismo
- ✓ Posteriormente se llenan los dos tercios restantes del recipiente con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se agita el frasco

- ✓ Finalmente se deja reposar el mismo al menos 5 minutos, y se compara el color del agua con el color del Gardner. (Ver figura 17)



Figura 17 Ensayo Colorímetro

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Al comparar el color del agua con el patrón, se determinó que era un color amarillo “1” con respecto al Gardner. Esto signficó que el agregado utilizado era un agregado apto para la realización del ensayo mencionado. (ver tabla 9)

Tabla 9 Colorimetría

Colorimetría	
color	Amarillo
numero en la escala	1

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

4.2.3 Pasante del tamiz 200

La norma que se utilizara es la COVENIN 258-1977 “Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 74 micras en agregados minerales.

- ✓ En primer lugar se tomó por el método de cuarteo 500 gramos (W) de agregado fino y 1235.2 gramos de agregado grueso
- ✓ Posteriormente se colocó el material en el cedazo #16 y bajo este, se colocó el cedazo #200
- ✓ Finalmente se lavó el material hasta que el agua salga cristalina y se secó durante al menos 12 horas, y se pesó el mismo seco (Ws)

Agregado fino:

$$Ff = \frac{W - W_s}{W} \cdot 100$$

$$Ff = 4.08$$

Agregado grueso:

$$Fg = \frac{W - W_s}{W} \cdot 100$$

$$Fg = 0.37$$

4.2.4 Peso unitario suelto y compacto

Este ensayo se desarrolló siguiendo la norma COVENIN 263-1978 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado” (ver tabla 10 y figura 18)

- ✓ En principio se calibro el recipiente, definiendo su volumen (V) y su peso (P) respectivamente.
- ✓ Luego se llenó el recipiente con agregado hasta el tope y se enraso, para posteriormente colocarlo en la balanza, y conocer el peso suelto (Ps)
- ✓ Una vez realizado lo anterior se tomó el mismo recipiente y se llenó en tres capas, llegar al primer tercio del recipiente y se le dieron 25 golpes con una barra compactadora, hasta llenar los dos tercios restantes. Después de esto se

colocó el recipiente ya enrasado en la balanza, y se obtuvo el peso compacto (Pc).

- ✓ El último paso se ejecutó con las fórmulas que se presentan a continuación, con las cuales se realizaron los cálculos respectivos siguientes.

$$\text{Peso unitario suelto} = \left(\frac{Ps - P}{V} \right) \cdot 1000$$

$$\text{Peso unitario compacto} = \left(\frac{Pc - P}{V} \right) \cdot 1000$$

Tabla 10 Peso unitario

Agregado fino		Agregado grueso	
tara (Kg)	3179	tara (Kg)	3179
volumen (dm3)	6375	volumen (dm3)	6375
Ps (kg)	13276	Ps (kg)	12257
Pc (Kg)	14235	Pc (Kg)	13081
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1,584	Peso unitario suelto (Kg/m3)	1,424
Peso unitario compacto (Kg/m3)	1,734	Peso unitario compacto (Kg/m3)	1,553

Fuente Fleitas y Rivas (2018)





Figura 18 Preparación peso unitario suelto y compacto

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

4.2.5 Peso específico y absorción (Agregado fino)

Para este ensaya se utilizó la norma COVENIN 268-1998 “Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción”. (Ver tabla 11 y figura 19)

- ✓ En principio se llenó un picnómetro parcialmente con agua. Inmediatamente después se introdujo en el mismo una muestra de (500 gramos aproximadamente) de agregado fino saturado y de superficie seca, y se le añadió agua gradualmente en un 50%, luego se completó a 75% y finalmente, hasta el 100%, agitando la muestra del picnómetro he invirtiéndolo si es preciso, hasta que no se observen las burbujas de aire.

- ✓ Luego se determinó la masa total del picnómetro con la muestra y el agua, como alternativa se pudo determinar volumétricamente la cantidad de agua necesaria para llenar el picnómetro.
- ✓ Posteriormente el agregado fino se extrajo del picnómetro y se secó hasta conseguir una masa constante, a una temperatura comprendida entre 100 grados centígrados a 110 grados centígrados, la cual se dejó a temperatura ambiente en un periodo de tiempo entre 30 a 90 minutos y se pesó.
- ✓ Posteriormente se determinó la masa del picnómetro lleno de agua hasta su capacidad de calibración.
- ✓ Y finalmente para la determinación de la absorción, se necesitó una porción de muestra separada de 500 gramos del agregado fino saturado y, de superficie seca, la cual se secó hasta tener una masa constante y se determinó nuevamente su masa.

$$\text{Peso específico} = \frac{P_s}{((P_v + 0.9976 A) + P_{sss} - Q)}$$

$$\text{Peso específico sss} = \frac{P_{sss}}{((P_v + 0.9976 A) + P_{sss} - Q)}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{P_s}{((P_v + 0.9976 A) + P_s - Q)}$$

$$\text{Absorción} = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \cdot 100$$

$$\text{Vacíos} = \frac{\text{Peso específico} - \text{Peso unitario compacto}}{\text{Peso específico}} \cdot 100$$

Tabla 11 Peso Específico y Absorción

Peso específico y absorción (Agregado fino)	
Peso del picnómetro con muestra y agua hasta la marca de calibración (g) (Q)	1045,7
Volumen de agua añadida al picnómetro (ml) (A)	265,4
Peso de la muestra S.S.S. (g) (Pss)	605,6
Peso del picnómetro vacío (g) (Pv)	175
Peso de la muestra seca (g) (Ps)	600
Peso específico	2,55
Peso específico (S.S.S)	2,58
Peso específico aparente	2,62
Absorción	0,93%
Vacíos	32,08%



Figura 19 Peso específico y absorción agregado fino

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

4.2.6 Peso específico y absorción (Agregado grueso)

Para este ensayo se trabajó con la norma COVENIN 269-1998 “Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción”. (Ver tabla 12 y figura 20)

- ✓ En principio se obtiene la masa de la muestra bajo la condición de saturada y de superficie seca, y se determinó esta y todas las demás masas
- ✓ Luego se colocó inmediatamente la muestra de ensayo saturada y de superficie seca en el recipiente o cesta de alambre, y se determinó su masa en el agua.
- ✓ Posteriormente se secó la muestra introduciéndola en el horno y, se determinó luego que se enfrió su masa.

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{B}{B - C}$$

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

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

$$\text{Vacíos} = \frac{D - \text{Peso unitario compacto}}{D} \cdot 100$$

Tabla 12

Peso específico y absorción (Agregado grueso)	
Peso de la muestra en el aire (g) (A)	928,3
Peso de la muestra S.S.S. en el aire (g) (B)	932,7
Peso de la muestra saturada en agua (g) ©	583,3
Peso específico (D)	2,66
Peso específico S.S.S.	2,67
Peso específico aparente	2,69
Absorción	0,47%
Vacíos	41,54%

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Figura 20 Peso específico y absorción agregado grueso

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

4.2.7. Ensayo de desgaste utilizando la máquina de los ángeles

Para este ensayo se utilizó la norma COVENIN 266-1977 “Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados gruesos menores de 38.1 mm (1 ½”) por medio de la maquina los ángeles”. (Ver figura 21 y 22)

- ✓ Primero se anotó antes del ensayo el peso de la muestra a ensayar (W), con aproximación de 1 g.
- ✓ Luego se colocó la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la Maquina de Los Ángeles y, se hizo rotar el tambor a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones.
- ✓ Es importante señalar que la maquina se acciono y estaba equilibrada de manera tal, que mantuvo su velocidad periférica sustancialmente uniforme.
- ✓ Después del número de revoluciones prescritas, se descargó el material y se hizo una separación preliminar de la muestra, en un cedazo más grueso que el de 1,68 mm (# 12), luego se cernió la porción más fina en un cedazo de 1,68 mm (#12) según el método descrito en la Norma COVENIN 255 y se pesa (W1) con una aproximación de 1 g.

$$\text{porcentaje de desgaste} = \frac{W1}{W} \cdot 100$$



Fifura 21 Máquina los Angeles

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Figura 22

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Con todos estos trabajos se culminó la fase metodológica número dos, con lo cual se obtiene la resolución del objetivo específico número dos.

4.3 Seleccionar las pruebas a las que se someterá el concreto permeable.

El diseño se basó en la norma técnica ACI 211.3 del año 2010 titulada Guía para seleccionar proporciones de concreto sin revenimiento.

Para el diseño de las muestras se tuvo en cuenta ciertas consideraciones entre las cuales se pueden mencionar: densidad del cemento, la relación agua cemento (a/c), % de vacíos, peso específico de los agregados grueso y fino, volumen total de agregado grueso, entre otros.

Previo al diseño de las muestras, se tuvieron presentes, los basamentos estipulados en las normas: ASTM C-136, ASTM C-128, ASTM C-29.

Existen cinco criterios importantes con los que se trabajaron estos diseños de mezcla, como lo fueron:

La relación agua / cemento, que es un factor que incide directamente en la resistencia y trabajabilidad del concreto, además esta es la que da inicio al mezclarse con el cemento a la reacción exotérmica que genera el fraguado del mismo. Cabe resaltar que para el caso de estudio la relación agua / cemento oscilo entre 0.30 a 0.50.

Agua, este material o mineral es de suma importancia no solo para la relación agua cemento, en virtud que si la misma no está en condiciones ideales y con un alto grado de alcalinidad, afectaría directamente al concreto en su resistencia y trabajabilidad.

Cemento, el mismo es esencial para que los agregados se puedan unir, ya que este es el material cementante de la mezcla y es el que va a permitir que todos los agregados se adhieran unos a otros.

Agregado grueso, el mismo ayuda por su propia composición a aumentar y gran proporción la resistencia, ya que de por sí mismo, en su estado natural, cuenta con una gran resistencia a la compresión.

Agregado fino, los finos en la mezcla tienen múltiples funciones, la primera de ellas es unirse al cemento y al agua, para volverse una pasta que cubrirá los vacíos en el agregado grueso y, ayudara a hacer la mezcla más resistente.

Aditivo, Este sirve para mejorar la trabajabilidad de la mezcla y, le dio mayor plasticidad y a su vez, retardo el tiempo de fraguado para que así, pudiera ser transportada y colocada con éxito.

Este otro dato muy importante el cual servirá para medir la cantidad de material que se va a mezclar, es que una probeta de cilindro tiene aproximadamente 5.5 litros y una vigueta tiene 13.5 litros de capacidad.

4.3.1 Diseño de mezcla #1

Para la realización de las diferentes mezclas, se ejecutaron algunos cálculos a partir de las siguientes fórmulas. (Ver tabla 13)

- Para este diseño se trabajara con 300 kilogramos de cemento

$$\text{Cemento} = 300 \text{ kg}$$

- Se tomó una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.30

$$\frac{A}{C} = X$$

$$\text{Por lo que } A = 300 * 0.30 \implies A = 90 \text{ Kg}$$

- Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.52$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1383.2 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

- Volumen del agregado fino

Esta mezcla no posee agregado fino

- Aditivo

Esta mezcla no contiene aditivo.

➤ Volumen de mezcla a realizar

Se realizaran 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se debe mezclar es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (6 \cdot 5.5) + (6 \cdot 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 114 \text{ L}$$

Este valor se aproximó a 120 litros

Tabla 13 Diseño mezcla 1

para 1 m3	
material	cantidad
cemento (Kg)	300
agregado fino (Kg)	0
agregado grueso (Kg)	1385
agua (L)	90
aditivo (Kg)	0

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Ahora se calculó la cantidad de material para 120 L. (Ver tabla 14)

$$\text{Volumen para } 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$\text{Volumen que se desea mezclar} = 120 \text{ L}$$

$$\text{factor} = \frac{\text{Volumen para } 1 \text{ m}^3}{\text{Volumen que se desea mezclar}} \quad \text{Factor} = 8.33$$

Tabla 14 Cantidad material mezcla 1Mezcla 1 prueba a compresión

para 120 L	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	36,01
Agregado Fino (Kg)	0
Agregado Grueso (Kg)	166,26
Agua (L)	10,8
Aditivo (Kg)	0

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Se dividió cada una de las cantidades de la tabla de cantidades anteriores, para 1 m³ entre el factor calculado, para conseguir las nuevas cantidades con las que se trabajaron en el laboratorio.

Luego de haber realizado la mezcla y habiendo la misma fraguado, se desencofraron y se empezó el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo.

Nota: Los cilindros utilizados en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros.(Ver tablas 15 y 16)

✓ Prueba a compresión:

Tabla 15 Mezcla 1 prueba a compresión

Días de ensayos					
7			28		
peso	Resistencia		peso	Resistencia	
	kg/cm ²	ton		kg/cm ²	ton
cilindro 1	42.66		9.26	41.63	7.315
cilindro 2	39.23		9.36	46.98	8.343

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 16 Mezcla 1 prueba a flexión

Días de ensayo						
7				28		
	peso	resistencia		peso	resistencia	
		kg/cm2	ton		kg/cm2	ton
viga 1		12.11	0.91	23.446	8.19	0.581
viga 2		12.33	0.926	23.805	11.88	0.842
Viga 3		15.3	1.147	-	-	-

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo que los vacíos en estas muestras era de 24.49%

4.3.2 Diseño de mezcla #2

Para la realización de las diferentes mezclas se realizaron algunos cálculos para ello se utilizaron las siguientes fórmulas. (Ver tabla 17)

➤ Para este diseño se trabajó con 350 kilogramos de cemento

$$\text{Cemento} = 350 \text{ kg}$$

➤ Tomando una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.40

$$\frac{A}{C} = X$$

$$\text{Entonces } A = 350 * 0.40 \implies A = 140 \text{ litros}$$

➤ Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.58$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1543 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

➤ Volumen del agregado fino

Para esta mezcla se utilizare un 5% de agregado fino

$$V_{\text{Afino}} = PE * (5\%)$$

$$V_{\text{Afino}} = 2620 * 0.05$$

$$V_{\text{Afino}} = 131 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

➤ Aditivo

Esta mezcla no contiene aditivo.

➤ Volumen de mezcla a realizar

Se realizaron 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se mezclo es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (6 * 5.5) + (4 * 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 87 \text{ L}$$

Este valor se aproximara a 90 litros

Tabla 17 Diseño mezcla 2

para 1 m3	
material	cantidad
cemento (Kg)	350
agregado fino (Kg)	131
agregado grueso (Kg)	1543
agua (L)	140
aditivo (Kg)	0

Fuente Fleitas y Moreno (2018)

Se calculó la cantidad de material para 120 L.(Ver tabla 18)

Tabla 18 Cantidad material mezcla 2

Para 120 L	
material	cantidad
cemento (Kg)	31.50
agregado fino (Kg)	12
agregado grueso (Kg)	139
agua (L)	12.60
aditivo (Kg)	0

Volumen para 1 m³ = 1000 L

Volumen que se desea mezclar = 90 L

$$factor = \frac{Volumen\ para\ 1\ m^3}{Volumen\ que\ se\ desea\ mezclar} \quad Factor = 11.11$$

Se dividirá cada una de las cantidades de la tabla 18 de cantidades para 1 m³ entre el factor para conseguir las cantidades con las que se trabajaran en el laboratorio.

Luego de haber realizado la mezcla y la misma fraguado, se desencofraran y se empezara el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo.

Nota: Los cilindros a utilizar en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros. (Ver tabla 19 y 20)

✓ Prueba a compresión:

Tabla 19 Mezcla 2 prueba a compresión

	Días de ensayos					
	7			28		
	peso	resistencia		peso	resistencia	
kg/cm ²		ton	kg/cm ²		ton	
cilindro 1		75.51	13.357	10.450	78.54	13.909
cilindro 2		78.19	13.871	10.287	68.27	12.066

Fuente Fleitas y Moreno (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 20 Mezcla 2 prueba a flexión

Días de ensayo						
7				28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
		kg/cm ²	ton		kg/cm ²	ton
viga 1		19.3	1.452	26.016	17.69	1.329
viga 2		8.45	0.634	26.363	16.78	1.256

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo que los vacíos en estas muestras era de 20.25%

4.3.3 Diseño de mezcla #3

Para la realización de las diferentes mezclas se realizaron algunos cálculos en los que se utilizaron las siguientes fórmulas. (Ver tabla 21)

➤ Para este diseño se trabajó con 350 kilogramos de cemento

$$\text{Cemento} = 350 \text{ kg}$$

➤ Se tomó una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.40

$$\frac{A}{C} = X$$

$$\text{Entonces } A = 350 * 0.40 \implies A = 140 \text{ litros}$$

➤ Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.58$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1543 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

➤ Volumen del agregado fino

Para esta mezcla se utilizo un 5% de agregado fino

$$V_{\text{Afino}} = \text{PE} * (5\%)$$

$$V_{\text{Afino}} = 2620 * 0.05$$

$$V_{\text{Afino}} = 131 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

➤ Aditivo

Según la ficha técnica del aditivo este se debió usar entre el 0.3% y el 0.6% por kilo de cemento, es decir:

$$350 \text{ Kg} * 0.5 \% = 1.75 \text{ kg.}$$

➤ Volumen de mezcla a realizar

Se realizaron 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se debio mezclar es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (6 * 5.5) + (4 * 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 87 \text{ L}$$

Este valor se aproximó a 90 litros

Tabla 21 Diseño mezcla 3

Para 1 m3	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	350
Agregado Fino (Kg)	131
Agregado Grueso (Kg)	1543
Agua (L)	140
Aditivo (Kg)	1.75

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 22 Cantidad material mezcla 3

Para 120 L	
material	cantidad
cemento (Kg)	31.50
agregado fino (Kg)	12
agregado grueso (Kg)	139
agua (L)	12.60
aditivo (Kg)	0.1575

Luego se calcularon la cantidad de material para 120 L. (Ver tabla 22)

Volumen para 1 m³ = 1000 L

Volumen que se desea mezclar = 90 L

$$\text{factor} = \frac{\text{Volumen para 1 m}^3}{\text{Volumen que se desea mezclar}}$$

Factor= 11.11

Se dividieron cada una de las cantidades de la tabla de cantidades para 1 m³, entre el factor para conseguir las nuevas cantidades, con las que se trabajaron en el laboratorio.

Luego de haber realizado la mezcla y la misma fraguado, se desencofraron y se empezó el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo.

Nota1: Los cilindros a utilizar en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros.(Ver tabla 23 y 24)

Nota2: Al preparar muestra no fue necesario agregar los 12.6 L de agua, es decir, se agregaron solo 12.017 L. Por lo que se hizo necesario el cálculo de la relación A/C real. A/C = 0.38

✓ Prueba a compresión:

Tabla 23 Mezcla 3 prueba a compresión

Días de ensayos						
7				28		
Peso	Resistencia		Peso	Resistencia		
	kg/cm2	ton		kg/cm2	ton	
cilindro 1	76	13.49	10.189	101.67	18.012	
cilindro 2	86	15.28	10.315	82.07	14.517	

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 24 Muestra 3 prueba a flexión

Días de ensayo						
7				28		
Peso	Resistencia		Peso	Resistencia		
	kg/cm2	ton		kg/cm2	ton	
viga 1	12.74	0.955	25.492	17.53	1.3115	
viga 2	14.5	1.088	25.679	17.63	1.322	

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo que los vacíos en estas muestras era de 20%

4.3.4 Diseño de mezcla #4

Para la realización de las diferentes mezclas se realizaron algunos cálculos, a partir de las siguientes fórmulas.

- Para este diseño se trabajó con 350 kilogramos de cemento

Cemento = 350 kg

- Se tomó una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.40

$$\frac{A}{C} = X$$

Entonces $A = 350 * 0.40 \implies A = 140$ litros

- Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.58$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1543 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

- Volumen del agregado fino

Para esta mezcla se utilizó un 8% de agregado fino

$$V_{\text{Afino}} = PE * (8\%)$$

$$V_{\text{Afino}} = 2620 * 0.08$$

$$V_{\text{Afino}} = 209.6 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

- Aditivo

Según la ficha técnica del aditivo este se debió usar entre el 0.3% y el 0.6% por kilo de cemento, es decir:

$$350 \text{ Kg} * 0.6 \% = 2.1 \text{ Kg}$$

- Volumen de mezcla a realizar

Se realizaron 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se debió mezclar es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (6 * 5.5) + (4 * 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 87 \text{ L}$$

Este valor se aproximó a 100 litros

Tabla 25 Diseño mezcla 4

Para 1 m3	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	350
Agregado Fino (Kg)	209.6
Agregado Grueso (Kg)	1543
Agua (L)	140
Aditivo (Kg)	2.1

Ahora se calculó la cantidad de material para 100 L. (Ver tabla 26)

Volumen para 1 m3 = 1000 L

Volumen que se desea mezclar = 100 L

$$factor = \frac{Volumen\ para\ 1\ m^3}{Volumen\ que\ se\ desea\ mezclar} \quad \text{Factor} = 10$$

Tabla 26 Cantidad material mezcla 4

Para 100 l	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	35
Agregado Fino (Kg)	20.96
Agregado Grueso (Kg)	154.3
Agua (L)	14
Aditivo (Kg)	0.21

Se dividieron cada una de las cantidades de la tabla anterior de cantidades para 1 m³, entre el factor para conseguir las nuevas cantidades, con las que se trabajaron en el laboratorio.

Luego de haber realizado la mezcla y la misma fraguado, se desencofraron y se empezó el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo.

Nota: Los cilindros a utilizar en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros. (Ver tabla 27 y 28)

✓ Prueba a compresión:

Tabla 27 Mezcla 4 prueba a compresión

	Días de ensayos					
	7			28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
		kg/cm ²	ton		kg/cm ²	ton
Cilindro 1	10.79	104.38	18.446	10.350	96.34	17.025
Cilindro 2	11.02	120.61	21.354	10.445	91.07	16.095

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 28 Mezcla 4 prueba a flexión

	Días de ensayo					
	7			28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
		kg/cm ²	ton		kg/cm ²	ton
Viga 1	26.854	17.46	1.237	27.288	22.88	1.716
Viga 2	26.89	17.04	1.212	26.932	18.29	1.374

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo que los vacíos en estas muestras era de 14.5%

4.3.5 Diseño de mezcla #5

Para la realización de las diferentes mezclas, se realizaron algunos cálculos utilizando las siguientes fórmulas. (Ver tabla 29)

- Para este diseño se trabajó con 350 kilogramos de cemento

$$\text{Cemento} = 350 \text{ kg}$$

- Tomando una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.50

$$\frac{A}{C} = X$$

$$\text{Entonces } A = 350 * 0.50 \implies A = 175 \text{ litros}$$

- Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.58$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1543 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

- Volumen del agregado fino

Para esta mezcla se utilizó un 8% de agregado fino

$$V_{\text{Afino}} = PE * (8\%)$$

$$V_{\text{Afino}} = 2620 * 0.08$$

$$V_{\text{Afino}} = 209.6 \text{ Kg} * \text{m}^3$$

- Aditivo

Según la ficha técnica del aditivo este se debió usar entre el 0.3% y el 0.6% por kilo de cemento, es decir:

$$350 \text{ Kg} * 0.6 \% = 2.1 \text{ Kg.}$$

➤ Volumen de mezcla a realizar

Se realizaron 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se debe mezclar es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (6 * 5.5) + (4 * 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 87 \text{ L}$$

Este valor se aproximó a 100 litros

Tabla 29 Diseño mezcla 5

Para 1 m ³	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	350
Agregado Fino (Kg)	209.6
Agregado Grueso (Kg)	1543
Agua (L)	175
Aditivo (Kg)	2.1

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Ahora se calculara la cantidad de material para 100 L. (Ver tabla 30)

$$\text{Volumen para } 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$\text{Volumen que se desea mezclar} = 100 \text{ L}$$

$$\text{factor} = \frac{\text{Volumen para } 1 \text{ m}^3}{\text{Volumen que se desea mezclar}} \quad \text{Factor} = 10$$

Tabla 30 Cantidad material mezcla 5

Para 120 L	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	35
Agregado Fino (Kg)	20.96
Agregado Grueso (Kg)	154.3
Agua (L)	17.5
Aditivo (Kg)	0.21

Luego de haber realizado la mezcla y la misma fraguado, se desencofraron y se empezó el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo.

Nota: Los cilindros a utilizar en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros. (Ver tabla 31 y 32)

✓ Prueba a compresión:

Tabla 31 Mezcla 5 prueba a compresión

Días de ensayos						
7			28			
Peso	Resistencia		Peso	Resistencia		
	kg/cm2	ton		kg/cm2	ton	
Cilindro 1						
Cilindro 2	10.99	94.23	16.625	11.153	121.18	21.426

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 32 Mezcla 5 prueba a flexión

	Días de ensayo					
	7			28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
kg/cm ²		ton	kg/cm ²		ton	
Viga 1	28.845	19.14	1.357	28.339	29.16	2.191
Viga 2	29.501	20.11	1.428	30.38	33.39	2.191

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo, que los vacíos en estas muestras era de 13%.

4.3.6 Diseño de mezcla #6

Para la realización de las diferentes mezclas, se realizaron algunos cálculos con las siguientes fórmulas.

- Para este diseño se trabajara con 350 kilogramos de cemento

$$\text{Cemento} = 350 \text{ kg}$$

- Tomando una relación Agua – Cemento (A/C) = 0.40

$$\frac{A}{C} = X$$

$$\text{Entonces } A = 350 * 0.40 \implies A = 140 \text{ litros}$$

- Volumen del agregado grueso

$$V_{\text{Agrueso}} = PE * (100 - \% V_{\text{Agrueso}})$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 2660 * 0.58$$

$$V_{\text{Agrueso}} = 1543 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

➤ Volumen del agregado fino

Para esta mezcla se utilizó un 8% de agregado fino

$$V_{\text{Afino}} = \text{PE} * (7\%)$$

$$V_{\text{Afino}} = 2620 * 0.07$$

$$V_{\text{Afino}} = 183.4 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3$$

➤ Aditivo

Según la ficha técnica del aditivo este se debió usar entre el 0.3% y el 0.6% por kilo de cemento, es decir:

$$350 \text{ Kg} * 0.6 \% = 2.1 \text{ Kg}$$

➤ Volumen de mezcla a realizar (Ver tabla 33)

Se realizaron 6 cilindros y 6 vigas, por lo tanto el volumen de concreto que se debió mezclar es de:

$$V_{\text{mezclar}} = (5 * 5.5) + (4 * 13.5)$$

$$V_{\text{mezclar}} = 81.5 \text{ L}$$

Este valor se aproximó a 85 litros

Tabla 33 Diseño mezcla 6

Para 1 m ³	
Material	Cantidad
Cemento (Kg)	350
Agregado Fino (Kg)	183.4
Agregado Grueso (Kg)	1543
Agua (L)	140
Aditivo (Kg)	2.1

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 34 Cantidad material mezcla 6

Para 85 L	
material	cantidad
cemento (Kg)	29.76
agregado fino (Kg)	15.59
agregado grueso (Kg)	131.20
agua (L)	11.90
aditivo (Kg)	0.1785

Ahora se calculó la cantidad de material para 85 L. (Ver tabla 34)

Volumen para 1 m³ = 1000 L

Volumen que se desea mezclar= 85 L

$$factor = \frac{Volumen\ para\ 1\ m^3}{Volumen\ que\ se\ desea\ mezclar}$$

Factor= 11.76

Se dividió cada una de las cantidades de la tabla anterior de cantidades para 1 m³, entre el factor para conseguir las nuevas cantidades con las que se trabajaron en el laboratorio.

Luego de haber realizado la mezcla y la misma fraguado, se desencofraron y se empezó el proceso de curado hasta el día de su respectivo ensayo. (Ver tabla 35 y 36)

Nota: Los cilindros a utilizar en las pruebas son los existentes en la empresa, y estos tienen una capacidad de 5.5 Litros y las vigas son de 13.5 Litros.

✓ Prueba a compresión:

Tabla 35 Mezcla 6 prueba a compresión

	Días de ensayos					
	7			28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
		kg/cm2	ton		kg/cm2	ton
Cilindro 1	11.55	123.36	21.799	11.113	102.06	18.035
Cilindro 2	11.38	112.12	19.823	-	-	-

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

✓ Prueba a flexión:

Tabla 36 Mezcla 6 prueba a flexión

	Días de ensayo					
	7			28		
	Peso	Resistencia		Peso	Resistencia	
		kg/cm2	ton		kg/cm2	ton
Viga 1	28.66	22.55	1.691	27.69	21.55	1.617
Viga 2	28.63	23.05	1.73	27.404	21.27	1.595

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Nota: antes de ensayar las probetas y las vigas se le realizo la prueba de vacíos por desplazamiento de agua y se obtuvo que los vacíos en estas muestras era de 16%.

Nota₁ A esta mezcla se le denominó como “mezcla requerida” y por lo tanto se realizaron varias y a las mismas se le denominaron 6.i (Ver tablas de la 37 a la 42 y figura 23)

Tabla 37 Repetición 6.1

Prueba de Compresión						
Cilindros	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Cilindro 1	10,362	61,42	-	10,298	65	11,517
Cilindro 2	10,313	58,21	-	10,305	62,55	11,057

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Tom	Peso	Kgf/cm2	Ton
Viga 1	28,651	21,86	1,64	28,351	24,73	1,855
Viga 2	28,065	20,01	1,502	29,44	30,24	2,268

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 38 Repetición 6.2

Prueba de Compresión						
Cilindros	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Cilindro 1	10,453	49,87	8,823	10,43	63,18	11,185
Cilindro 2	10,247	58,13	10,293	10,476	77,06	13,629

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
viga 1	28,527	1,68	22,39	28,972	26,22	1,966
viga 2	28,381	1,447	19,25	29,22	32,02	2,402

Tabla 39 Repetición 6.3

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Viga 1	28,527	23,13	1,736	28,426	25,44	1,908
Viga 2	28,381	22,97	1,724	28,889	32,58	2,443

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 40 Repetición 6.4

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Viga 1	29,04	23,66	1,777	28,803	33,78	2,535
Viga 2	29,841	33,55	2,517	30,387	37,20	2,791

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 41 Repetición 6.5

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Viga 1	29,345	27,77	2,083	30,447	29,64	2,223
Viga 2	29,499	22,99	1,724	29,452	30,36	2,277

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Tabla 42 Repetición 6.6

Prueba de Flexión						
Vigas	Días					
	7			28		
	Peso	Kgf/cm2	Ton	Peso	Kgf/cm2	Ton
Viga 1	28,498	23,67	1,775	30,94	31,07	2,331
Viga 2	28,592	19,24	1,444	29,326	26,22	1,967













Figura 23 Preparación de la mezcla
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

4.4 Analizar los resultados obtenidos.

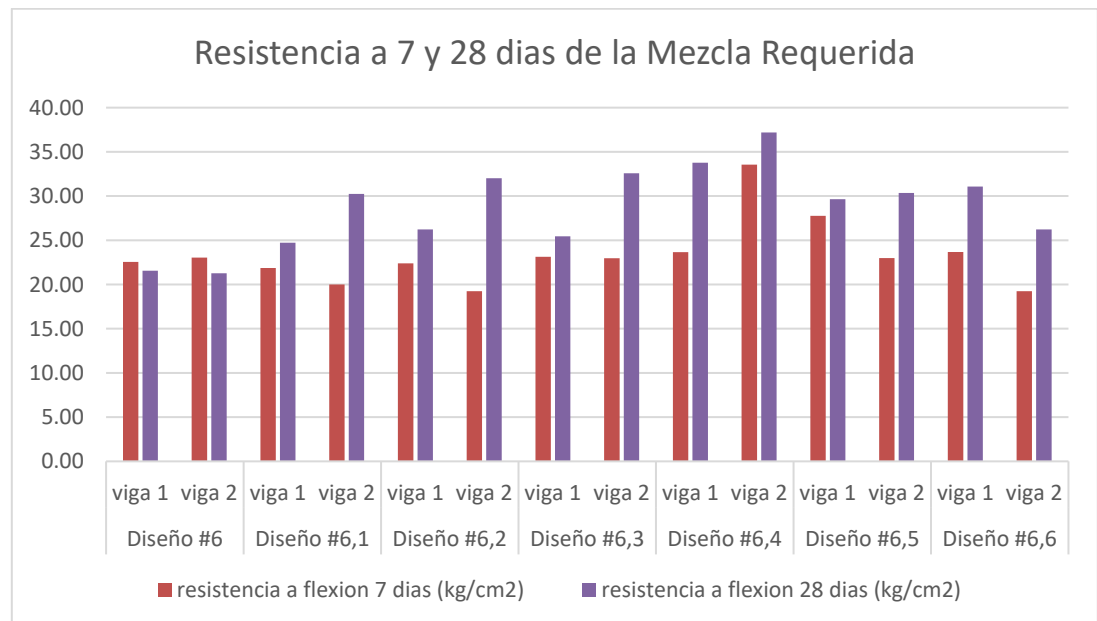
Una vez realizados los tres primeros objetivos específicos, se empezó a desarrollar el último objetivo, para así poder terminar la fase de resultados.

Lo primero que se realizó un análisis de los módulos de rotura de las viguetas en su día respectivo.

En la gráfica que se muestra a continuación se puede observar como casi en todos los casos, el módulo de rotura a los 28 días aumento con respecto al módulo de

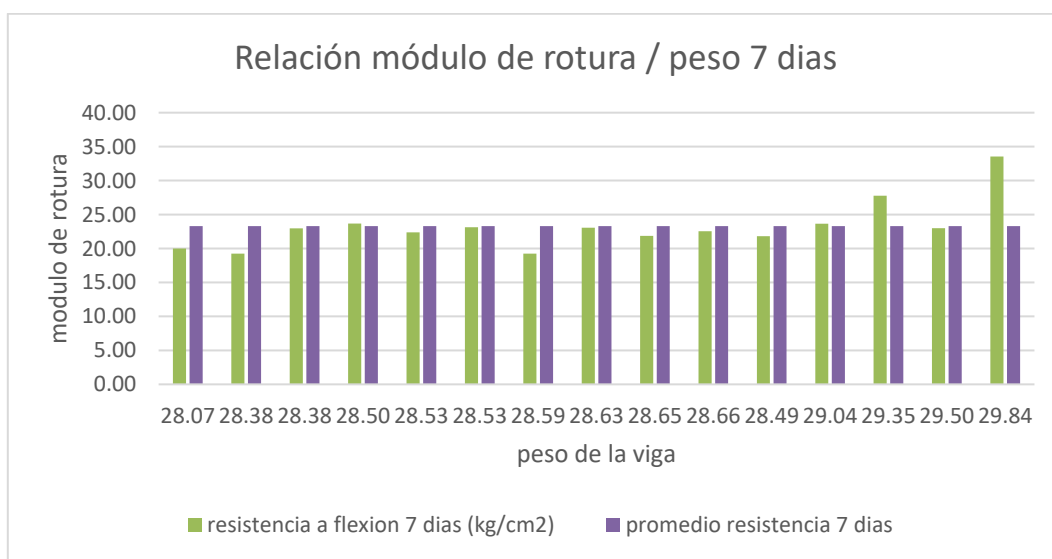
rotura a los 7 días. Esto es un comportamiento común en el concreto, aunque en algunos casos esto no cumplió, se determina que en los mismos incidió el factor humano, ya que a diferencia de un concreto convencional, en el concreto permeable el peso de las muestras varía dependiendo de la compactación que se le realiza.

Cabe destacar que la compactación no se ejecutó de manera uniforme ya que se hizo de manera rudimentaria, es muy importante también resaltar que en el mismo el agregado grueso tendrá diferentes formas en las que se puede acomodarse dependiendo de la configuración y compactación de mismo concreto, es por ellos que luego de un exhaustivo análisis de los módulos de rotura obtenidos se puede alegar que los casos en el que la resistencia a los 7 días es mayor que a los 28 días hubo incidencia de los factores antes nombrados. (ver gráfica 3)



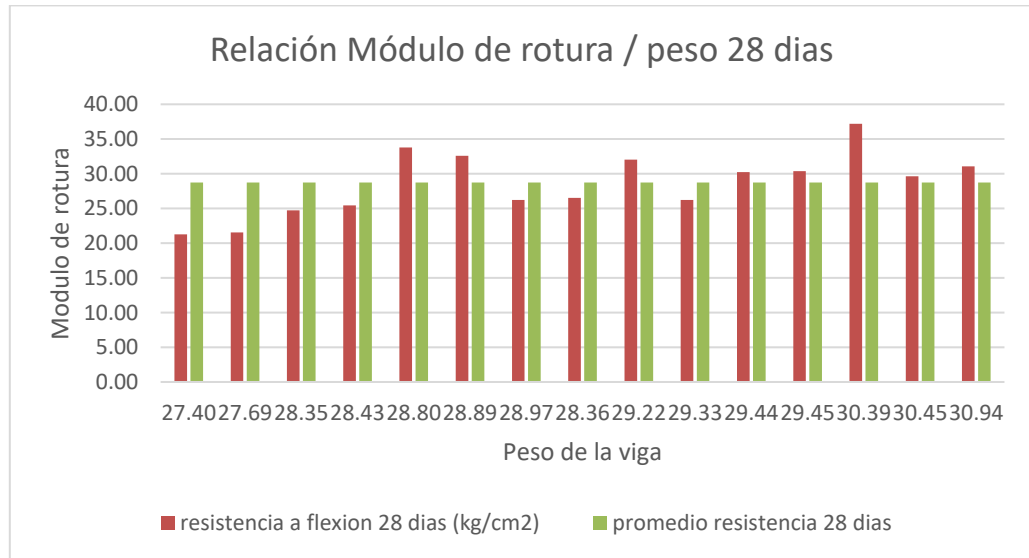
Gráfica 3 Resistencia a 7 y 28 días
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Seguidamente se mostraran las gráficas 4 y 5 en las cuales se observa una relación entre el peso de cada una de las viguetas, contra la resistencia que se obtuvo de la misma. Para así poder determinar si la compactación tuvo alguna incidencia en la resistencia del mismo. Ya que entre mejor sea ejecutado el proceso de compactación, mayor será la cantidad de material que entrara en la vigueta. (Densidad)



Gráfica 4 Relación Módulo de rotura/peso 7 días
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

En la gráfica 4 se aprecia que cuando más material tiene la vigueta mayor va a ser la resistencia que se obtendrá, de igual manera se puede observar que los resultados en la mayoría de los casos no se alejan del promedio de resistencia obtenido.



Gráfica 5 Relación Módulo de rotura/paseo 28 días
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

En la grafica 5 ,se puede observar que a diferencia de la anterior hay mayor dispersión de la resistencia, esto debido a que a diferencia de los datos anteriores en estas viguetas a los 7 días la dispersión de los pesos fue mucho mayor, cabe resaltar que esto fue un proceso aleatorio en el que se realizaban 4 viguetas por diseño y se elegían al azar dos para ensayar a los 7 días y dos para ensayar a los 28 días.

Cabe destacar que el proceso de compactación de las viguetas no fue un proceso controlado ya que el mismo se deben dar 65 golpes por capa, y por la dimensión de las viguetas con la que se trabajó se debe armar en dos capas. Cabe destacar que efectivamente se trabajó en dos capas, pero a diferencia de lo que dice la norma, en este trabajo a la primera capa se le dieron sus respectivos 65 golpes pero a la segunda clara no se le dieron esta cantidad de golpes ya que por las características del material y por los procedimientos de colocación se decidió fue pasarle un rodillo con cierta presión. Esto en la parte final fue una de los factores que genero una dispersión

significativa en los pesos de las vigas, lo cual afecto significativamente la resistencia de las mismas.

Ahora una vez realizado los cálculos y tablas anteriores se presenta la tabla 43, con el análisis estadístico de control del proceso de preparación de muestra.

Cabe resaltar que en la tabla antes expuesta se encuentran únicamente datos de la muestra requerida, que es aquella que contaba con los requisitos necesarios para poder ser utilizada con éxito.

Tabla 43 Análisis estadístico de control del proceso de preparación de muestra

		Peso (Kg)	resistencia a flexión 7 días (kg/cm ²)	Peso (kg)	resistencia a flexión 28 días (kg/cm ²)	promedio resistencia 7 días	promedio resistencia 28 días
Diseño #6	viga 1	28,66	22,55	27,69	21,55	23,29	28,74
	viga 2	28,63	23,05	27,40	21,27	23,29	28,74
Diseño #6,1	viga 1	28,65	21,86	28,35	24,73	23,29	28,74
	viga 2	28,07	20,01	29,44	30,24	23,29	28,74
Diseño #6,2	viga 1	28,53	22,39	28,97	26,22	23,29	28,74
	viga 2	28,38	19,25	29,22	32,02	23,29	28,74
Diseño #6,3	viga 1	28,53	23,13	28,43	25,44	23,29	28,74
	viga 2	28,38	22,97	28,89	32,58	23,29	28,74
Diseño #6,4	viga 1	29,04	23,66	28,80	33,78	23,29	28,74
	viga 2	29,84	33,55	30,39	37,20	23,29	28,74
Diseño #6,5	viga 1	29,35	27,77	30,45	29,64	23,29	28,74
	viga 2	29,50	22,99	29,45	30,36	23,29	28,74
Diseño #6,6	viga 1	28,50	23,67	30,94	31,07	23,29	28,74
	viga 2	28,59	19,24	29,33	26,22	23,29	28,74
		28,76	23,29	29,12	28,74	23,29	28,74

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

A estos datos se le realizó dos operaciones muy importantes a nivel estadístico las cuales son: la desviación estándar y la varianza (ver tabla 44)

Tabla 44 Desviación estándar y la varianza

7 Muestras requeridas	
7 días	28 días
desviación	desviación
2,83	4,14
promedio	promedio
23,29	28,74
variabilidad	variabilidad
12,13	14,40

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

En la tabla 44 se puede observar que la variabilidad es alta para un proceso que debe estar controlado, pero esto está directamente vinculado al peso de las vigas y el peso de las vigas está estrechamente relacionado a la confección de la misma, por lo cual se puede decir que hay un error apreciable en esto.

Debido a lo expuesto anteriormente, se decidió eliminar los valores extremos y volver a realizar el cálculo de estos factores nuevamente, para así poder ver si se mantiene la variabilidad y concluir que el proceso no es del todo controlado o si el proceso se hace más o menos controlado.(Ver tabla 45)

Tabla 45 Eliminación valores extremos

7 muestras requeridas	
eliminando los dos extremos	
7 días	28 días
desviación	desviación
1,730409634	0,911897746
promedio	promedio
22,724	28,852
variabilidad	variabilidad
7,614898933	3,160604972

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Una vez se eliminaron los extremos se puede observar como estos valores disminuyen significativamente, lo cual da a entender que efectivamente hay un control en el proceso pero se necesita realizar más repeticiones del mismo para poder observar esto.

De igual manera se determinó que fueron muchos los factores que afectaron en algunos de los datos como lo fue inclusive la hora en la que se realizó la mezcla, y que los agregados se encontraban a la intemperie, lo cual cambio en algunas ocasiones la humedad y absorción del mismo, también se pudo notar que en este proceso interfiere la temperatura del ambiente ya que en algunos casos se hizo a tempranas horas de la mañana y en otros cerca del mediodía, lo que inclusive hasta visualmente hacía notar un cambio hasta en la trabajabilidad del mismo.

De igual manera existen otras observaciones que hay que hacerle a este material, y es que el esfuerzo a flexión o módulo de rotura viene dado por la fuerza aplicada entre el área de la vigueta, y como el área de la vigueta no es maciza, es decir presenta cierta cantidad de vacíos, nace la necesidad de utilizar un factor que mayor

o acerque lo más posible los valores de resistencia hallados a un valor más real. O el que efectivamente está soportando el material.

Este valor no cambiará el comportamiento de ninguna de las tablas o análisis antes expuestos ya que será el mismo para todas las muestras ensayadas, debido a que este factor es una relación entre el peso unitario de un concreto de módulo de rotura 28 kg/cm² entre el peso unitario del concreto permeable con módulo de rotura de 28 kg/cm². Este se calcula (ver tabla 46) de la siguiente manera:

Tabla 46 Pesos Unitarios

peso unitario de concreto convencional (PUC)	2400
peso unitario de concreto permeable (PUCP)	2165

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

$$Factor\ de\ vacios = \frac{PUC}{PUCP}$$

$$F=1.10$$

Este factor se debe multiplicar por el módulo de rotura hallado en los ensayos y multiplicarlo por cada uno de ellos.(Ver tabla 47 y gráfico 6))

Con esto se puede observar que aumentaron significativamente las resistencias y que efectivamente se superó el alcance de la investigación en cuando al módulo de rotura.

Tabla 47 Factor aplicado a las resistencias

		Peso (Kg)	resistencia a flexión 7 días (kg/cm ²)	resistencia a flexión 7 días (kg/cm ²) por el factor	Peso (kg)	resistencia a flexión 28 días (kg/cm ²)	resistencia a flexión 28 días (kg/cm ²) por el factor de vacíos
Diseño #6	viga 1	28,66	22,55	24,81	27,69	21,55	23,705
	viga 2	28,63	23,05	25,36	27,40	21,27	23,397
Diseño #6,1	viga 1	28,65	21,86	24,05	28,35	24,73	27,203
	viga 2	28,07	20,01	22,01	29,44	30,24	33,264
Diseño #6,2	viga 1	28,53	22,39	24,63	28,97	26,22	28,842
	viga 2	28,38	19,25	21,18	29,22	32,02	35,222
Diseño #6,3	viga 1	28,53	23,13	25,44	28,43	25,44	27,984
	viga 2	28,38	22,97	25,27	28,89	32,58	35,838
Diseño #6,4	viga 1	29,04	23,66	26,03	28,80	33,78	37,158
	viga 2	29,84	33,55	36,91	30,39	37,20	40,92
Diseño #6,5	viga 1	29,35	27,77	30,55	30,45	29,64	32,604
	viga 2	29,50	22,99	25,29	29,45	30,36	33,396
Diseño #6,6	viga 1	28,50	23,67	26,04	30,94	31,07	34,177
	viga 2	28,59	19,24	21,16	29,33	26,22	28,842
		28,76	23,29	25,62	29,12	28,74	31,61

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

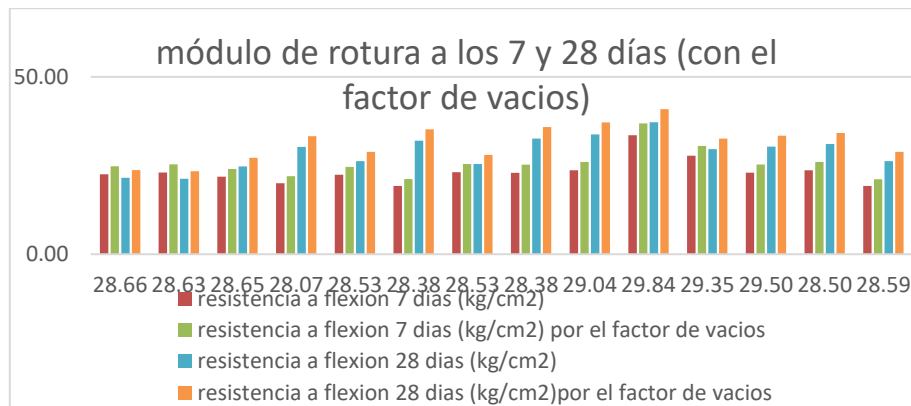


Gráfico 6 Módulo de rotura/factor de vacío

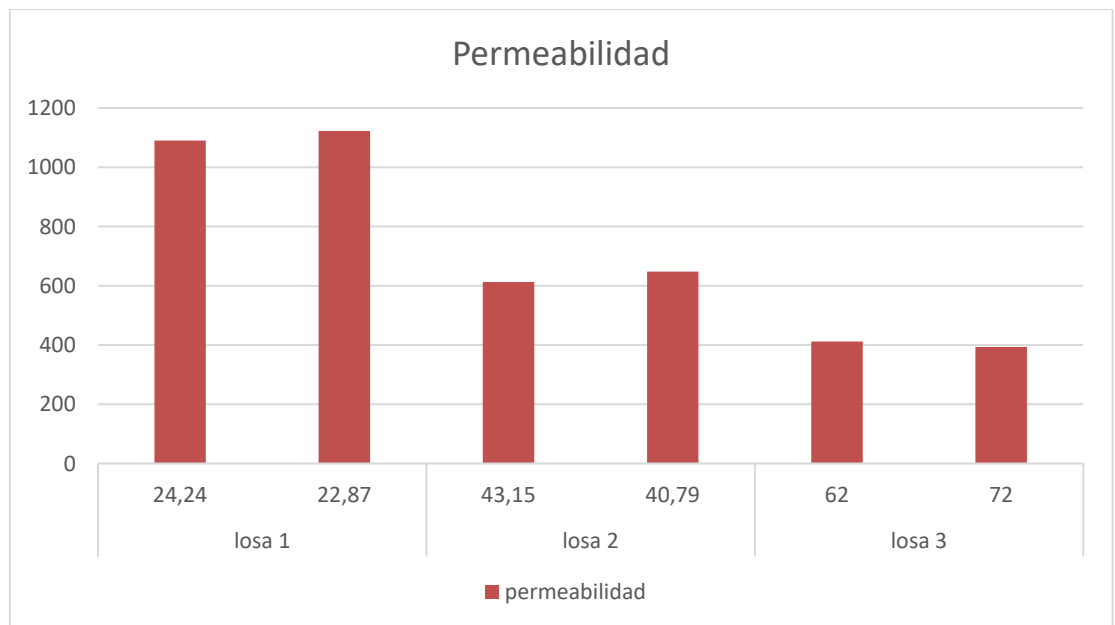
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Otro de los factores importantes que se tomó en cuenta y son muy importantes es la permeabilidad, ya que esta es la funcionalidad principal del mismo. Para esto se tomaron unas losas de 37cm x 30 cm x 15 cm y se le paso una cantidad de 10 litros de agua por una porción confinada de área para poder determinar cuánto tiempo tarda en pasar el agua por la parte confinada de la losa. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 48 (Ver gráficas 7 y 8)

.Tabla 48 Permeabilidad

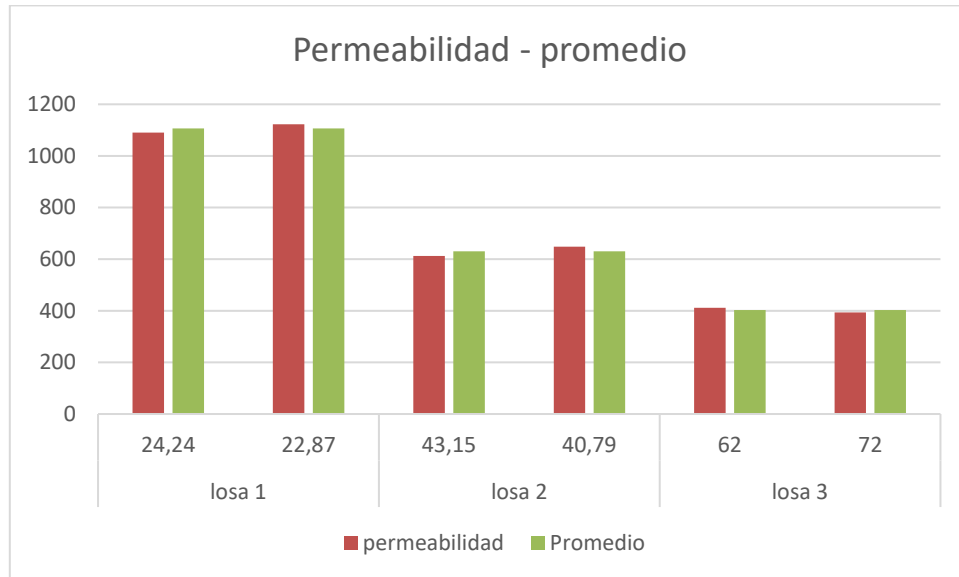
	Losa 1		Losa 2		Losa 3	
Tiempo (SEG)	24,24	22,87	43,15	40,79	62	72
Permeabilidad (L/min)	1090,51	1122,46	612,6	648,05	411,74	393,36

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Gráfica 7 Permeabilidad

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Gráfica 8 Permeabilidad Promedio
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

Una vez se obtuvieron los valores de permeabilidad se realizaron los cálculos correspondientes para poder hallar la variabilidad (ver tabla 49) utilizando la siguiente formula:

$$V = \frac{M - m}{(M + m)}$$

Tabla 49 Variabilidad

	Tiempo (seg)	Permeabilidad (L/min)	Promedio (L/min)	Vacios (%)	Variabilidad (%)
losa 1	24,24	1090,51	1106,485	14,99	1,44
	22,87	1122,46	1106,485	14,99	1,44
losa 2	43,15	612,6	630,325	19,41	2,81
	40,79	648,05	630,325	19,41	2,81
losa 3	62	411,74	402,55	14,49	2,28
	72	393,36	402,55	14,49	2,28

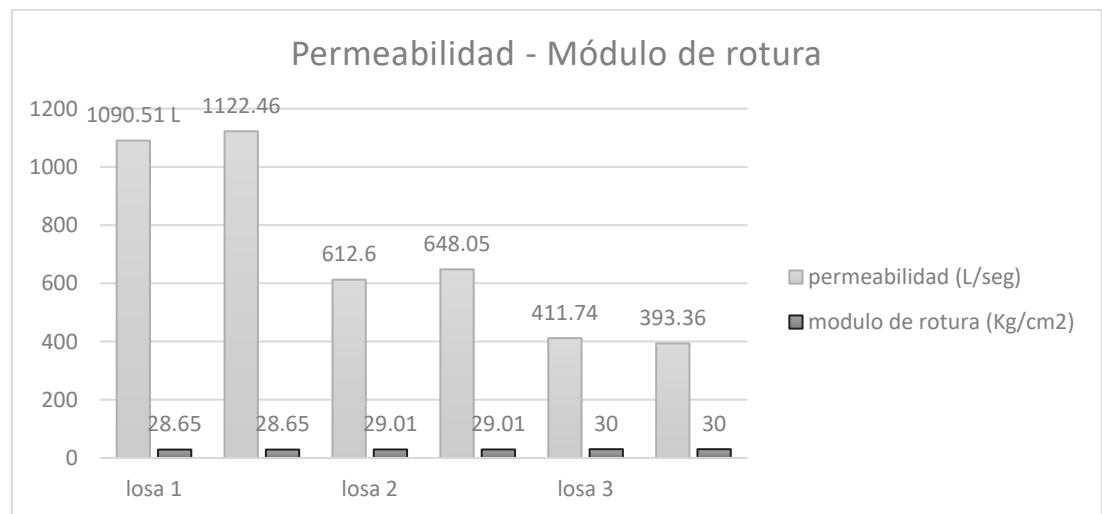
Fuente Fleitas y Rivas (2018)

De igual manera se anexo en la tabla 49 los porcentajes de vacíos, los cuales son esenciales para que este pueda ser llamado concreto permeable, y otro valor importante es la permeabilidad, y este último está estrechamente vinculado al porcentaje de vacíos que tiene la mezcla.(Ver tabla 50)

Tabla 50 Permeabilidad/módulo de rotura

	tiempo	permeabilidad	Promedio	módulo de rotura
losa 1	24,24	1090,51	1106,485	28,65
	22,87	1122,46	1106,485	28,65
losa 2	43,15	612,6	630,325	29,01
	40,79	648,05	630,325	29,01
losa 3	62	411,74	402,55	30
	72	393,36	402,55	30

Fuente Fleitas y Rivas (2018)



Gráfica 9 Permeabilidad/módulo de rotura

Fuente Fleitas y Rivas (2018)

En la gráfica 9 , se puede observar como a medida que aumenta el módulo de rotura disminuye la permeabilidad y por ende el porcentaje de vacíos es menor. Esto

debido a que los vacíos y la permeabilidad son inversamente proporcionales al módulo de rotura.

CONCLUSIONES

- La situación actual del concreto permeable en la región es aparentemente poco conocida, ya que actualmente ninguna planta de premezclado ofrece concreto permeable en el mercado.
- Luego de realizar los ensayos respectivos a agregados finos y gruesos siguiendo las normas venezolanas de agregados para concreto, se pudo constatar que los agregados cumplen con los requerimientos para el mismo, aunque estos no son los recomendados para realizar concreto permeable, se comportaron de manera satisfactoria en la medida de la resistencia (no son los indicados por su tamaño nominal).
- Las pruebas que se realizaron en esta investigación, a partir de las normas venezolanas asociadas a cada una de ellas, y a los fines consecuentes de obtención de resultados referentes al concreto permeable, fueron:
 - Para concreto fresco:
 - ✓ Ensayo de trabajabilidad (mediante cono de abramhs).
 - ✓ Ensayo del peso unitario.
 - Para concreto endurecido:
 - ✓ Ensayo a flexión.
 - ✓ Ensayo de vacíos.
 - ✓ Ensayo de permeabilidad.
- De manera general y analizando cada uno de los resultados de las pruebas realizadas al concreto permeable se obtuvieron los siguientes:
 - ✓ En el ensayo de trabajabilidad se obtuvo que este concreto no posee asentamientos significativos.
 - ✓ Con el ensayo del peso unitario ayudo a determinar el factor de vacíos que se utilizó para encontrar el valor real del módulo de rotura, ya

que como la superficie no es totalmente llena, en los ensayos se obtuvo un módulo de rotura experimental y este factor se empleó para calcular el módulo de rotura teórico que soportaron las viguetas.

✓ En esta prueba se ensayaron las viguetas a 7 y 28 días, en las primeras pruebas los resultados se encontraban muy alejados de la resistencia requerida, a medida que se fue mejorando y acercando a dicha mezcla, se empezó a observar un incremento en los módulos de rotura, hasta superar el módulo de rotura requerido.

✓ Al agregar a la mezcla agregado fino se observó que el módulo de rotura aumentaba, mientras el porcentaje de vacíos disminuía. Con el diseño de la mezcla requerida se logró un porcentaje de vacíos entre los rangos estipulados para el concreto permeable (15%-25%)

✓ A pesar de que se trabajó con un agregado grueso con un tamaño máximo nominal mayor al recomendado, se alcanzaron valores de permeabilidad en los estándares del concreto permeable.

RECOMENDACIONES

- Se debe hacer un estudio más a fondo sobre la colocación del material, ya que a diferencia de otros concretos, este no tiene asentamiento producto de su configuración y debe ser tratado y compactado, de una manera muy diferente a como usualmente se hace.
- Esto es un concreto que en uno de sus usos puede ser, un pavimento, por lo cual sería muy importante agregar una fibra que aumente la resistencia a flexión del mismo, para mejorar y aumentar su módulo de rotura.
- Instruir y educar a las personas que van a encargarse de la colocación del material “in situ” ya que la perfecta funcionalidad del mismo, se ve afectada en gran parte en cómo se hace la colocación. (la colocación es sencilla pero difiere en cómo se hace en un concreto convencional)
- Para la colocación del mismo se requiere de algunos instrumentos específicos como lo son: un rodillo giratorio y ocasionalmente una plancha para compactar el material.
- Se debe hacer una investigación a fondo sobre el mantenimiento del mismo, ya que con el tiempo los vacíos se van llenando de desperdicios y se debe ver la manera de hacerle mantenimiento. Cabe resaltar de que todas estas variables se presentan a largo plazo. De igual manera el mantenimiento principal es el lavado con chorro de agua a alta presión
- Este concreto no es apto para sitios donde existe hielo y deshielo ya que puede hacer fallar al mismo, ya que destruye el concreto cuando el agua producto del congelamiento se expanda hasta quebrar el concreto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F.(2006) **El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica.** (6ta edición), Caracas Editorial Episteme, C

Baena G., (2014) **Metodología de la Investigación**, Grupo Editorial Patria

De la Garza T.,(2012) **Tratado de Metodología de las Ciencias Sociales: Perspectivas Actuales**, Editorial: Fondo de Cultura Económica, México

El concreto permeable, **Norma ACI-522R**

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. Y Baptista Lucio, P.(2000), **Metodología de la Investigación**, McGraw Hill, México

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC) (2012),

Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL, 2007

Méndez, Carlos, (1999) **Metodología, Guía para elaborar Diseños de Investigación en Ciencias Económicas Contables y Administrativas.** (4ta Edición). México: editorial Limusa,

Omar Javier Silva, (2007 **Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto-**, Jefe de Publicaciones.

Santa Palella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana. Libro **“Metodología de la investigación cuantitativa”** 3ra Edición (2012) de Santa Palella Stracuzzi y

Feliberto Martins Pestana, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador La editorial pedagógica da Venezuela Caracas, 2012

Páginas de Internet

Agregados para concreto [Documento en línea] Disponible en www.imcyc.com/revista/1998/junio/adregados.htm [Consulta en septiembre 2017]

EPA 2004, [Documento en línea] Disponible en www.previuspavement.org/Benefit,porcentaje20enviriomental.htm [Consulta en septiembre 2017]

Ventajas del concreto permeable [Documento en línea] Disponible en <http://hidrocretofaumateoballesteros.blogspot.com/2015/11/ventajas-del-material.html> [Consulta en septiembre 2017]

Sánchez J. Dpto. De Geología de la Universidad de Salamanca España, [Documento en línea] Disponible en <http://hidrologia.usal.es/hidro.htm>

Wikimedia-Pascua Theus, [Documento en línea] Disponible en <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kiesel.jpg>

Trabajos Académicos

Barahona Rene, Martínez Marlon y Zelaya Steven (2013), **Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el Salvador**, para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad del Salvador

Concreto Permeable, (2012) trabajo publicado por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC)

- Páez José, (2013) **Desarrollar un plan estratégico de marketing para el producto La Cavita de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela**, Valencia estado Carabobo
- Torres, (2010), **Tecnología del concreto permeable o ecológico en la construcción**, para obtener el grado de Especialista en la Construcción de la universidad Nacional Autónoma de México.