

**EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO POROSO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE ALTO HORNO,
UTILIZADO COMO BASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS.**

SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTA D.C.**

2005

T
G25-8
E74E
I.C.

**EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO POROSO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE ALTO HORNO,
UTILIZADO COMO BASE EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS.**

SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA

CÓDIGO: 0014801

**Trabajo de grado para optar al título
de ingeniero civil**

Director

LUCIANO CASTAÑEDA RINCON

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2005

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

BOGOTA, 25 DE NOVIEMBRE de 2005

AGRADECIMIENTOS.

El autor expresa sus agradecimientos a sus padres: Doris y Santiago, quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento. Al ingeniero Germán Urdaneta, decano de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia. Al ingeniero José Manuel Álvarez Lugo, profesor de la Universidad Piloto de Colombia. A los ingenieros José Miguel Paz, Mauricio García Jaramillo, Diego Jaramillo Porto, directivos de la Asociación Colombiana de productores de Concreto "ASOCRETO". A los ingenieros Luciano Castañeda Rincón y Jorge Bonilla, directivos del GRUPO ARGOS. Al ingeniero Carlos A. Arcila López, Gerente técnico de SIKA Colombia S.A. Al arquitecto William Orozco, al ingeniero Guillermo Britton, tecnólogo José Álvarez directivo del Sena. Al ingeniero Freddy Reyes director de la especialización en geotecnia Vial y Pavimentos del departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana. Al ingeniero Jorge Álvarez, investigador del Instituto Colombiano de Productores de Cemento ICPC. Al ingeniero Fabio Cuellar, directivo de la especialización de la Escuela de Ingenieros Militares. A la ingeniera Paola Sarmiento y al ingeniero Carlos A. Muñoz quienes me orientaron para emprender la investigación del proyecto. Jimmy Montoya, Mario Elber Becerra, Elkie Daza, Fidel Céspedes de Cemex Concretos. Y, a los funcionarios de las instituciones quienes contribuyeron con sus conocimientos y aportes.

CONTENIDO

Pág

INTRODUCCION

1. PROBLEMA	15
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 OBJETIVOS	19
1.4 OBJETIVO GENERAL	19
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2 MARCO DE REFERENCIA	20
2.1 MARCO DE TEÓRICO	20
2.1.1 Componentes	21
2.1.2 Ventajas	21
2.2 MARCO HISTÓRICO	23
2.2.1 Primeros Avances	24
2.2.2 Desarrollos Recientes	25
2.3 MARCO CONCEPTUAL.	30
2.3.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO.	30
2.3.2 Descripción.	30
2.3.3 Colocación y Acabado del Concreto.	36
2.3.4 Acabado de la Superficie del Concreto con Regla Vibratoria.	36
2.3.5 Acabado del Concreto cerca de las Juntas.	37
2.3.6 Curado y Protección del Concreto.	37

2.4	TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
2.4.1	VARIABLES	42
3.1	DISEÑO DE CONCRETOS POROSOS	42
3.2	ESPECIFICACIONES	43
3.2.1	Resistencia a la Compresión.	44
3.2.2	Resistencia al Fuego.	48
3.2.3	Resistencia A La Flexión.	49
3.2.4	Densidad y Porosidad.	50
3.2.5	Permeabilidad.	51
3.2.6	Aire Incluido.	54
3.3	NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS, QUE SE EMPLEARON PARA CONOCER LA CALIDAD DE LOS MATERIALES	55
4.	RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	58
4.1	RESULTADOS	58
4.2	ANALISIS DE RESULTADOS	60
5.	CONCLUSIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE TABLAS.

	Pag
Tabla 1	Características físicas de los agregados pétreos (grava común) 58
Tabla 2	Características físicas de los agregados pétreos TMN 1" 59
Tabla 3	Características físicas de los agregados pétreos FINOS 60
Tabla 4	Características físicas de los agregados pétreos M.A 61
Tabla 5	Rangos Típicos De Las Proporciones De Materiales En Un Concreto Poroso Permeable. 43
Tabla 6	Diseño individual- peso seco 3000 PSI 62
Tabla 7	Diseño individual- peso seco 4000 PSI 63
Tabla 8	Diseño individual- peso seco 4000 PSI 64
Tabla 9	Diseño individual- peso seco 3000 PSI 65
Tabla 10	Diseño individual- peso seco 4000 PSI 66
Tabla 11	Diseño individual- peso seco 3000 PSI 67
Tabla 12	Verificación y validación de diseños 1237 68
Tabla 13	Verificación y validación de diseños 1243 69
Tabla 14	Verificación y validación de diseños 1254 70
Tabla 15	Verificación y validación de diseños 1274 71
Tabla 16	Verificación y validación de diseños 1278 72
Tabla 17	Verificación y validación de diseños 1281 73
Tabla 18	Verificación y validación de diseños 1282 74
Tabla 19	Verificación y validación de diseños 1346 75
Tabla 20	Verificación y validación de diseños 1347 76
Tabla 21	Verificación y validación de diseños 1417 77
Tabla 22	Verificación y validación de diseños 1418 78

Tabla 23	Verificación y validación de diseños 1421	79
Tabla 24	Verificación y validación de diseños 1440	80
Tabla 25	Verificación y validación de diseños 1441	81
Tabla 26	Resultado de permeabilidad	82
Tabla 27	Resultado final del concreto poroso con finos 1	83
Tabla 28	Resultado final del concreto poroso sin finos 2	84

LISTA DE FOTOS

	Pág.
FOTO 1	Característica de una estructura abierta de concreto
	Poroso permeable y transmisión de agua 7
FOTO 2	Oregon zoo sidewalk, Pórtland, OR (P. Davis) [IMG15881] 11
FOTO 3	Miller Park in Fair Oaks. CA, (A. Youngs) [IMG 15882] 12
FOTO 4	Finley Stadium parking lot, Chattanooga, TN
	(L. Tiefenthaler) [IMG 15883] 12
FOTO 5	Imperial Beach Sports Park, CA (D. Akers) [IMG 15884] 13
FOTO 6	Storage Facility lot, Mt. Angel, Or (R. banca) [IMG 15885] 13
FOTO 7	Colored Pervios concrete walkway ,Bainbridge Islands, WA (G. McKinnon) [IMG 15886] 14
FOTO 8	Large concrete parking lot, Bufor, GA
	(L. Tiefenthaler) [IMG 15887] 14
FOTO 9	Forma de extensión y colocación del concreto poroso permeable con regla vibratoria 23
FOTO 10	Lado izquierdo la el acabado con regla y al lado derecho la compactación con rodillo 23
FOTO 11	Extensión del concreto poroso con rodillo 24
FOTO 12	Rodillo cortador y hace referencia a como "cortar pizza" 24
FOTO 13	Plástico utilizado para proteger el concreto poroso permeable 25
FOTO 14	Granulometría del agregado grueso del concreto 27
FOTO 15	Cilindro de concreto poroso permeable 30
FOTO 16	Especímenes de concreto poroso marcados y listos para llevar al cuarto de curado 31
FOTO 17	Especímenes en el cuarto de curado 31

FOTO 18	Especímenes en el cuarto de curado	32
FOTO 19	Especímenes en el cuarto de curado	32
FOTO 20	Espécimen de concreto poroso listo para fallar a la compresión	33
FOTO 21	Fallo de viguetas	34
FOTO 22	Apreciación del agregado grueso	35
FOTO 23	Masa unitaria suelta	35
FOTO 24	Masa unitaria compacta	36
FOTO 25	Estructura porosa del concreto	37
FOTO 26	La impermeabilización lateral de la muestra es particularmente importante para evitar fugas laterales.	38
FOTO 27	Maquina de ensayo	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Filtración De Agua a la sub. Base 30
Figura 2	Zanja rellena de grava bajo el pavimento de concreto poroso permeable (centro); 31
Figura 3	Zanja longitudinal rellena de grava a lo largo del borde del pavimento del concreto poroso; 31
Figura 4	Vallado lateral; 32
Figura 4	Zanja rellena de grava que se extiende de la base del pavimento; 32
Figura 5	subdrenaje de arena; 32
Figura 5	subdrenaje de arena con zanja de grava 32
Figura 6	Clasificación de poros por su diámetro 52
Figura 7	Componentes de la maquina de ensayo. 54

GLOSARIO

CONCRETO POROSO: es un concreto hidráulico común que no lleva arena (finos), lo que permite la infiltración del agua a través de su superficie, por los vacíos que deberían ser llenados por la arena, lo cual ha llamado mucho la atención en cuanto a su uso en pavimentos, ya que podría mejorar o solucionar muchos problemas en las vías, por esta razón es común observar en la actualidad tecnología e investigaciones en busca de determinar su uso en pavimentos

PARTICULA LARGA: es aquella relación entre la longitud y el ancho es mayor a 1.5. L es la longitud de la partícula, b es el ancho de la partícula.

PARTICULA PLANA: es aquella relación entre el espesor y el ancho es menor a 0.5.

DENSIDAD: Es una de las propiedades del agregado que depende directamente de la roca original de donde proviene y esta definida como la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada.

DENSIDAD ABSOLUTA: se denomina a la relación entre la masa de las partículas y su volumen absoluto, el cual incluye exclusivamente el volumen de la masa sólida, o sea, se excluye todos los poros saturados y no saturados.

DENSIDAD NOMINAL: es la relación que existe entre la masa de las partículas y el volumen nominal que es el que ocupa las partículas de ese material, incluyendo los poros no saturados.

DENSIDAD APARENTE: es la relación entre la masa de la partícula y su volumen aparente, que incluye el volumen de los poros saturables y no saturables que hay dentro de la partícula.

ABSORCIÓN: es la diferencia de pesos, entre el saturado y el superficialmente seco, expresado como un porcentaje de masa seca

POROS SATURABLES: son aquellos que están conectados con el exterior.

POROS NO SATURABLES: son aquellos que están en el interior de las partículas y no están conectados con la superficie.

RESUMEN

Debido a la problemática que presentaron las estructuras de los pavimentos por falta de drenaje es necesario buscar, indagar y explorar investigando las posibles opciones para encontrar un material que satisfaga las condiciones de la permeabilidad, la durabilidad y la resistencia exigidas en los diseños viales en Colombia.

Para obtener las respuestas requeridas es necesario llevar a cabo las pruebas de laboratorio que indiquen que un material es óptimo para responder apropiadamente a los estándares de calidad exigidos por la industria concretera de nuestro país en general.

Para desarrollar este trabajo de investigación se presentará en el documento una distribución de cinco capítulos, como se explica a continuación:

En el primer capítulo, Formulación del problema, Justificación, Objetivos: general y específicos.

En el capítulo segundo, el Marco Histórico, Primeros Avances, Desarrollos Recientes, Marco Conceptual, tipo de investigación, el universo y muestra.

En el capítulo tercero, la metodología para diseñar un concreto poroso.

En el capítulo cuarto, el análisis de resultados, el diseño de mezcla del concreto poroso y los resultados de los ensayos de laboratorio.

En el capítulo quinto, las conclusiones.

De esta manera, se evidenciarán algunos aportes para el desarrollo de los procedimientos constructivos para las vías en concreto hidráulico, en especial el drenaje de las aguas en la malla vial, teniendo en cuenta las normas técnicas colombianas.

INTRODUCCIÓN

Debido a la problemática que presentan las estructuras de los pavimentos por falta de drenaje es necesario buscar, indagar y explorar investigando las posibles opciones para encontrar un material que satisfaga las condiciones de la permeabilidad, la durabilidad y la resistencia exigidas en los diseños viales en Colombia.

Para obtener las respuestas requeridas es necesario llevar a cabo las pruebas de laboratorio que indiquen que un material es óptimo para responder apropiadamente a los estándares de calidad exigidos por la industria concretera de nuestro país en general y de la Sabana de Bogotá en particular.

Así, en este trabajo de investigación se presenta la siguiente distribución temática:

1. La formulación del problema, la cual describe los principales aspectos de la problemática.
2. La justificación que se refiere a la motivación e importancia de la investigación.
3. Los objetivos: general y específicos que orientan el trabajo a desarrollar.
4. El marco de referencia que comprende el marco histórico y el marco conceptual.
5. El diseño metodológico que comprende el tipo de investigación, el universo, la muestra, la hipótesis, el tipo de diseño, el diseño de las variables, la recolección de la información, el plan de análisis, el Cronograma y el presupuesto.
6. Los resultados de los ensayos de laboratorio.
7. El análisis de los resultados. Y las conclusiones.

De esta manera, se realizan algunos aportes para el desarrollo de los procedimientos constructivos para las vías en concreto hidráulico, en especial el drenaje de las aguas en la malla vial de la Sabana de Bogotá. Estas aplicaciones también se podrían desarrollar en otras regiones, conociendo las características de los materiales y la pluviosidad de la zona.

1. PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más frecuentes en la vida útil del pavimento rígido tiene que ver con la resistencia del material a la erosión por bombeo. Las deficiencias en los diseños de drenaje y los malos hábitos constructivos conducen generalmente a la acumulación del agua en la interfaces entre la capa de base y la estructura de rodaduras en épocas de gran pluviosidad regional. Esto trae como consecuencia que la presión generada por la carga dinámica y repetida de los ejes de los vehículos de diseño (generalmente cargas de 8.2 ton. Por eje) impulsen al agua a salir por alguna parte. En este proceso de expulsión del agua se genera el desprendimiento del material más débil del pavimento, generando así zonas de zocavamiento en el interior de la estructura del pavimento. El resultado final es la deformación de la losa de pavimento, en primera instancia, y posteriormente la rotura de la placa del pavimento al exceder los esfuerzos por flexión que esta puede soportar al estar trabajando en voladizo.

Otro de los problemas es la falta de conocimiento sobre los principios estructurales de los pavimentos, dado que en el diseño del pavimento intervienen gran cantidad de variables interdependientes. La función de toda la estructura es asumir las cargas de diseño y transmitir las al suelo distribuyéndolas de manera que la presión ejercida en la fundación sea inferior a la que puede soportar el suelo de apoyo. En el caso que nos ocupa el pavimento es una estructura conformada por capas sucesivas que reciben las cargas de tránsito y las distribuye en las áreas mayores a medida que se profundizan, de manera tal, que la presión ejercida sobre el suelo de la subrasante resulta menor que su capacidad portante.

Otro inconveniente es lograr la adecuada distribución de las cargas en los pavimentos, cuando se usan capas granulares, cuya capacidad estructural esta dada por las fuerzas de contacto desarrolladas entre las partículas que los componen. Los materiales granulares sin estabilizar están compuestos por partículas sueltas de diferentes tamaños que se tocan entre si y que interactúan unas con otras debido a las fuerzas que se generan en los puntos de contacto entre las partículas adyacentes. La distribución de las cargas aplicadas se desarrolla porque toda partícula en la superficie de la capa granular, al ser sometida a una carga vertical descendente, trata de hundirse entre las partículas adyacentes ejerciendo fuerzas normales y tangenciales en los contactos con sus vecinas partículas que a su vez, tratan de desplazarse y ejercen el mismo tipo de fuerzas sobre las que la rodean, dando como resultado que la fuerza aplicada sobre una partícula en la superficie se transmite a muchas partículas en el fondo de la capa. Este principio permite afirmar que la presión ejercida por las ruedas

de los vehículos en la superficie del pavimento se abre, siguiendo una distribución tronco-cónica. Así, en la corona del tronco de cono se ejerce la presión de inflado de las llantas, aplicada a la superficie de contacto de la rueda con el pavimento y, en su base, surge la presión de contacto con la capa subyacente, ya distribuida en un área mayor. La capa subyacente recibe esa presión y la distribuye en un área aun mayor, y así sucesivamente.

Si la resistencia al esfuerzo cortante del material aumenta, las cargas se distribuyen con más eficiencia, de manera que mejora la resistencia del material, se puede disminuir el espesor de la capa sin sacrificar su capacidad estructural y obtener en consecuencia un ahorro de materiales y, eventualmente, de dinero.

Al igual que toda la estructura, la del pavimento debe ser capaz de conservar su integridad ante las cargas. Si la fricción desarrollada en los contactos entre partículas es suficientemente fuerte, y estas a su vez cuentan con la resistencia necesaria para no sufrir roturas, la capa estructural conserva su capacidad de soportar la carga y cumplir su función de distribuirla, garantizando que el suelo de soporte no falle.

En conclusión el problema se plantea a partir de la necesidad de caracterizar el concreto poroso con relación a los parámetros de resistencia a la compresión, módulo de rotura, masa unitaria, porcentaje de vacíos y permeabilidad, para ser aplicado como base en la construcción de pavimentos rígidos, teniendo en cuenta las normas técnicas colombianas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto constituye un aporte en la búsqueda de soluciones para resolver algunos de los problemas de los diseños constructivos en la ingeniería de vías, en general. Es necesario, porque al realizar los diferentes estudios y pruebas de laboratorio, se observa que el concreto sin finos podría tener una gran porosidad. Entre los campos de utilización de los concretos porosos se encuentran aquellos que requieren la existencia de elementos drenantes capaces de elevar volúmenes importantes de agua en un plazo relativamente reducido.

Las obras en las que se ha empleado este tipo de concretos son muy variadas, bajo revestimientos de obras hidráulicas, con el fin de aliviar subpresiones. Dentro del campo de los prefabricados se han utilizado en tubos de drenaje y como elementos para pavimentaciones.

De manera específica, este trabajo de investigación contribuye en la formulación de alternativas de solución a los problemas de drenaje, subdiseño de espesores, sello de juntas, pendientes, transferencia de cargas, base no uniforme y bombeo.

La utilización del concreto poroso es de empleo creciente debido a que este material es de alto rendimiento, disminuye costos, es permeable y drenante; y tiende a desplazar los concretos convencionales, de tal manera que cada vez más podrá ser requerido por las grandes empresas, tales como el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B.) y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) entre otras.

1.3 OBJETIVOS

1.4 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento estructural y drenante del concreto poroso con adición de escoria de alto horno y resistencias entre 210 Kg./cm^2 (3000psi) y 384 Kg./cm^2 (5200 psi), que es utilizado como base estructural en un pavimento rígido.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Presentar una síntesis de la información obtenida sobre le tema, investigado, trabajos similares realizados en otros países en donde se emplea este concreto. Especialmente la experiencia en los Estados Unidos "California"

Presentar un informe sobre los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio que se practican en los dos diseños de concreto poroso propuesto con adición de escoria de alto horno

Realizar los ensayos de laboratorio con el propósito de determinar niveles de calidad, teniendo encuanta la Normas Técnicas Colombianas (N.T.C)

Ilustrar por medio de tablas los resultados de los ensayos de laboratorio realizados para el proyecto

Verificar que los resultados obtenidos en la resistencia y permeabilidad del concreto poroso con adición de escoria de alto horno respondan a los estándares de calidad exigidos en las normas técnicas colombianas o especificaciones constructivas para bases de pavimentos de concreto rígido.

Proponer la metodología de diseño de mezcla del concreto poroso acorde con las características de los materiales seleccionados en el presente proyecto, según al A.C.I

211

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEORICO Concreto Poroso Permeable: es un concreto hidráulico común que no lleva arena (finos), lo que permite la infiltración del agua a través de su superficie, por los vacíos que deberían ser llenados por la arena, lo cual ha llamado mucho la atención en cuanto a su uso en pavimentos, ya que podría mejorar o solucionar muchos problemas en las vías, por esta razón es común observar en la actualidad tecnología e investigaciones en busca de determinar su uso en pavimentos.

El problema del agua en los pavimentos es su participación en el deterioro progresivo sobre la estructura del mismo. Su evaluación final implica costosos sistemas de drenaje. Sin embargo, la sola inclusión de drenajes no constituye una solución definitiva al efecto del agua, ya que si estos no funcionan el problema es mas grave, pues el sistema puede fallar ante lluvias intensas y las consecuencias por el deterioro de la vía serán peores.

Como solución a este tipo de problemas, no se plantea que se elimine sistemáticamente el agua, sino impedir que se acumule en la rueda, llevándola al respectivo sistema de alcantarillado a través de una o mas capas de pavimentos rígidos diseñados con concreto poroso y por lo tanto, permeable.

La principal característica de este tipo de pavimentos es permitir la infiltración del agua a través de su superficie y proporcionarle a esta un almacenamiento temporal, para su posterior disposición o infiltración en el terreno. Este tipo de pavimentos es punto de análisis en la actualidad por ser una alternativa viable tanto en lo técnico como en lo económico dentro de los pavimentos rígidos utilizada en Colombia.¹

El término de concreto poroso permeable, generalmente se refiere a un concreto común de cemento y solo agregado grueso, y el producto que se forma contiene muchos huecos uniformemente distribuidos en su masa. El hecho de que se eliminen los agregados finos, solamente no es suficiente para obtener este tipo de concreto; se hace necesario que el agregado grueso sea preferiblemente de un solo tamaño. Entre 1 y 2 centímetros no son recomendados los agregados triturados con bordes agudos ya que pueden producir aplastamientos locales bajo carga.

La densidad del concreto poroso permeable es aproximadamente de 2/3 partes de la de un concreto normal hecho con el mismo agregado. La pasta de cemento no debe constituir un relleno, sino formar, solamente, una delgada película en toda la superficie de los granos con el fin de asegurar la adherencia entre ellos.

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000 pag

La adherencia entre los granos también depende de la relación agua / cemento, puesto que si es muy alta, la pasta de cemento tenderá a apartarse de las partículas del agregado, mientras que si es demasiado baja, la pasta de cemento no tendrá suficiente adherencia y no se logrará la compactación adecuada.

El concreto poroso permeable tiene la ventaja de poder prepararse en todo lugar; se necesita un curado húmedo con el fin de evitar la evaporación del agua necesaria para el fraguado normal del cemento.

Debido a su alta absorción de agua no es recomendable para utilizarlo en elementos expuestos al agua a menos que se utilice revoque o enlucido debidamente impermeabilizado.²

2.1.2. COMPONENTES: en este tipo de pavimentos se utiliza un concreto hidráulico común pero fabricado sin arena (finos), lo cual se puede sustituir por aditivos como polímeros, negro de sílice o adiciones de tiras de plástico, las cuales aumentan su resistencia al fraguar. La mezcla está constituida por cemento, agua y agregado grueso cuyo tamaño máximo está entre 1cm y 2 cm. De esta manera los vacíos que deberían ser llenados por la arena quedan uniformemente distribuidos aligerando el material.

Las características finales de la mezcla corresponden a un producto muy manejable, fácil de usar y colocar, de muy alta resistencia a la compresión y buena resistencia a la flexión.

2.1.3. VENTAJAS: estas son algunas características por las que en varios países se está tratando de potenciar la utilización de pavimentos de estructura porosa en la obra de carretera:

Permite la proyección del agua en la superficie del pavimento con la consiguiente disminución del riesgo en la circulación en presencia de lluvia. **La Foto 1** ilustra las características del concreto poroso permeable y transmisión del agua dentro de la estructura. Trail in the Athens Regional Park in Athens, TN, (A. Sparkman). [IMG 15880]³

² INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000 pag

³ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG.1

FOTO 1: Ilustra las características del concreto poroso permeable y transmisión del agua dentro de la estructura



FUENTE: ¹ florida concrete & products association.inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG.1

Disminuye los gradientes térmicos y de humedad.

Al aumentar la estructura de los macro poros, el material se convierte en drenante y autoeventilador.

Aumenta la facilidad de puesta en obra y acabado.

Disminuye la distancia de frenado de los vehículos, especialmente en condiciones adversas.

Baja probabilidad de deslumbramiento por reflexión de la luz sobre películas de agua superficial.

Aumenta la cantidad de servicios que este tipo de pavimentos presta a los usuarios.

2.2. MARCO HISTÓRICO: El concreto poroso consiste exclusivamente en cemento Pórtland normal, agua y agregado grueso. Se ha utilizado en Europa y en el reino unido desde los años treinta para la construcción de viviendas de uno y varios pisos, pero ha tenido muy poca aceptación en Norteamérica. En los últimos años, sin embargo, por razón de la mayor conciencia que se tiene de la necesidad de conservar los recursos

minerales no renovables se esta prestando cada vez mas atención al uso del concreto poroso en Canadá y los Estados Unidos.

La resistencia a la compresión del concreto poroso es considerablemente menor que la del concreto Pórtland convencional, y generalmente varia entre 14 y 138 Kg. /cm². El modulo de elasticidad de Young generalmente es entre $7 \cdot 10^4$ Kg. /cm² y $120 \cdot 10^4$ kg. /cm², según el nivel de resistencia a la compresión. El modulo de rotura varia entre 10.8 y 31.0 % de la resistencia a la compresión.

El encogimiento de los concretos porosos que se hace con caliza triturada o grava de río es del orden de los $200 \cdot 10^{-6}$. Que es aproximadamente la mitad del encogimiento del concreto convencional.

Las investigaciones hechas en la sección de minas han indicado que los prismas de concreto sin finos y sin agentes inclusotes de aire tenían una baja resistencia a los ciclos de congelación y descongelación. Los prismas que incluían un agente inclusor de aire pudieron resistir hasta 274 ciclos de congelación y descongelación, comparado con los 56 ciclos de los prismas sin el agente. ⁴

Las principales ventajas que se aducen para el concreto sin finos son: economía de materiales, mayores valores de aislamiento térmico, menor encogimiento, y menor peso unitario. Las principales desventajas son sus bajas resistencias a la compresión, flexión y adherencia, y una mayor permeabilidad.

El concreto poroso permeable se emplea principalmente en muros portantes vacíos "in situ", para viviendas de uno y varios pisos, pequeños muros de contención y como sub-base impermeabilizante para pisos de concreto construidos sobre el terreno. Este tipo de concreto también es eminentemente adecuado para la construcción en el Canadá del norte debido a su menor capacidad como aislante térmico y su bajo contenido de cemento.

2.2.1. Primeros Avances: La primera aplicación registrada del concreto sin finos se hizo en el reino unido, en 1852, se construyeron dos casas utilizando grava gruesa y cemento. A esto le siguió la construcción de más casas. Dice una editorial de la publicación "civil Engineer and architect's journal" en su edición en 1852.⁵

"En la reciente visita profesional a EAST COWES, isla de wight, nos sentimos complacidos por la economía demostrada en la construcción de dos casas que se están erigiendo ahora sobre esta hermosa propiedad cerca de OSBORNE HOUSE, bajo la dirección del señor LANGLEY. En este lugar hay una excelente grava que ha sido utilizada muy ventajosamente construyendo un par de cabañas totalmente en concreto compuesto de cemento de FRANCIS MEDINA y grava gruesa que se ha limpiando

⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº. 4, Santa fé de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

cuidadosamente utilizando un tamiz que se ha liberado de arena y suciedad. Los muros se elevan, al igual que las chimeneas, fijando dos o tres tablones en posición vertical y llenando el espacio del concreto, aproximadamente de 30 a 40 centímetros de espesor, método por el cual debido al fraguado rápido del cemento, se suben los muros y se desplazan los tablones en cuestión de tres o cuatro horas después de haber construido el muro. Aun los arcos se hacen con él y no se necesitan ladrillos.⁶

Podemos añadir que en SANDOWN BAY, en la isla de WIGHT, se ha construido un espolón marino de 60 metros de longitud y aproximadamente 2.10 metros de altura con los mismos materiales y un ángulo recto en la orilla con el fin de formar un rompeolas para proteger la isla y que ha logrado su objeto para satisfacción del dueño de la propiedad, donde todas las demás habían sido barridas por las olas. El espolón lleva AHORA 12 Meses expuesto a todos los violentos vendavales que hemos tenido en el canal.

Es extraño que después de los desarrollos anteriores no se volviera a mencionar el concreto poroso durante 70 años. Ahora se sostiene que fue introducido nuevamente en el REINO UNIDO en 1923, proveniente de HOLANDA, donde se construyeron 50 casas de dos pisos en EDINBURGO, seguidas unos pocos años después por 800 o más en LIVERPOOL, MANCHESTER, LONDRES y WILLESSEN. En toda utilizaron agregados de klinker. A fines de la época de 1930 la organización "SCOTTISH SPECIAL HOUSING ASSOCIATION LIMITED" establecida en 1937 para aliviar el desempeño en LANARKSHIRE construyó viviendas con el máximo de obra no calificada, adoptando el concreto poroso utilizando agregados con roca basáltica dura. Para 1942 había terminado 901 casas en LANARKSHIRE, y en ROSYTH y DUNFEMLINE.

Las investigaciones hechas desde 1928 en la estación Británica de investigaciones de la construcción han desempeñado un papel muy importante en la utilización y desarrollo del concreto poroso en el REINO UNIDO. El verdadero auge en su utilización se presentó después de la segunda guerra mundial cuando escaseaban todos los materiales de construcción. Ya que se utilizaba un porcentaje considerable menor de cemento por metro cúbico de concreto que en el caso del concreto convencional, este tipo de concreto se utilizó ampliamente en Alemania, Holanda, Francia, Bélgica Y Rusia y en menor grado en Inglaterra. No obstante, desde 1946 una sola firma Británica ha construido más de 250 mil viviendas en el REINO Unido, sin incluir otros contratos en el extranjero.⁷

2.2.2. Desarrollos Recientes: En las primeras etapas del desarrollo del concreto sin finos, su aplicación se limita a casas de dos pisos, para en la década del 50 se amplió a viviendas de 5 pisos de acuerdo con Short y Kinniburgh, en los últimos años se ha utilizado como material portante en edificaciones hasta de 10 pisos. En Stuttgart,

⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas n°. 4, Santa fé de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas n°. 4, Santa fé de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

Alemania, se construyó un edificio con los 6 pisos inferiores en concreto convencional y los 13 pisos superiores de concreto sin finos; todos los muros superiores son portantes y el edificio no tiene marcos de refuerzo. También se han hecho estudios en la estación de investigaciones de la construcción en Inglaterra sobre el comportamiento de estos paneles como lleno de marcos de concreto reforzado.

En Norte América la aplicación del concreto poroso ha sido casi nula hasta 1950 pero ahora en el ESTADO DE LA FLORIDA encontramos un manual de pavimentos para concretos poros permeables con una recopilación bastante amplia del proceso constructivo de vías en este material.

En Canadá la única aplicación se conoce del concreto en cuestión se hizo en 1960 en la construcción de algunas casas en el área de Toronto. Más recientemente se empleó una cantidad pequeña para aplicaciones no estructurales en un edificio federal de Ottawa.⁸

En 1973 la asociación Canadiense de normas publicó una norma sobre el tema.

En la actualidad en algunos estados de Norte América se han desarrollado gran variedad de experiencias constructivas en la utilización del concreto poroso para parqueaderos en conjuntos residenciales, parques, canchas de tenis, patios, bases estructurales, estructuras hidráulicas, estabilización de taludes y cunetas, entre otras aplicaciones tal como observaremos en las fotos- 2-3-4-5-6-7 que son unos ejemplos de aplicación del concreto poros permeables en diferentes estados

⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas n°. 4, Santa fé de Bogotá. D.C. ICPC, 2000 pag

FOTO 2: Sendero peatonal en concreto poroso, ubicado en Oregon zoo sidewalk, Portland, OR (P. Davis) [IMG15881]



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 3: Corredor peatonal en concreto poroso, fundido en Miller PARK Fair Oaks. CA, (A. Youngs) [IMG 15882]



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 4: Parqueadero ubicado en el Finley Stadium parking lot, Chattanooga, TN (L. Tiefenthaler) [IMG 15883]



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 5: Cancha de tenis ubicada en el parque deportivo Del Imperial Beach Sports Park, CA (D. Akers) [IMG 15884]



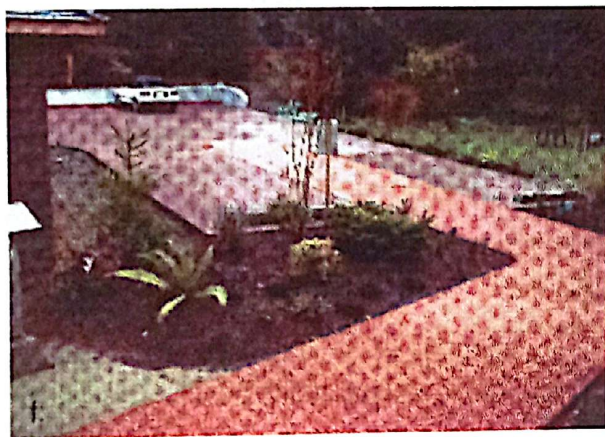
FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 6: Carpeta en concreto poroso, utilizado como elemento decorativo Storage Facility lot, MT. Ángel, OR (R. Banca) [IMG 15885]



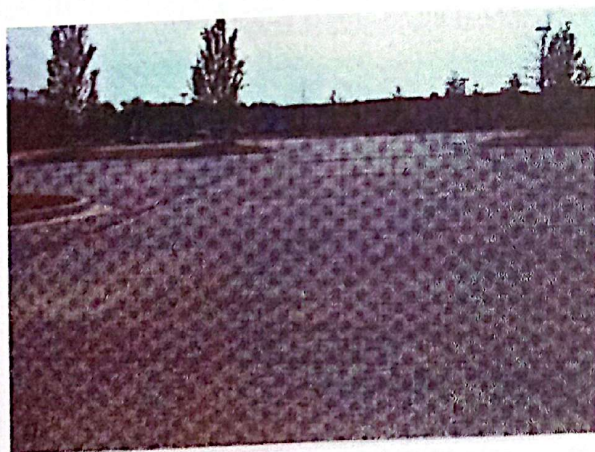
FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 7: Bahía en concreto poroso, ubicada en: Colored Previros concrete walkway, Bainbridge Islands, WA (G. McKinnon) [IMG 15886]



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 8: Parqueadero en concreto poroso de gran tamaño, ubicado en: Large Concrete Parking lot, Buford, GA (L. Tiefenthaler) [IMG 15887]



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

2.3. MARCO CONCEPTUAL

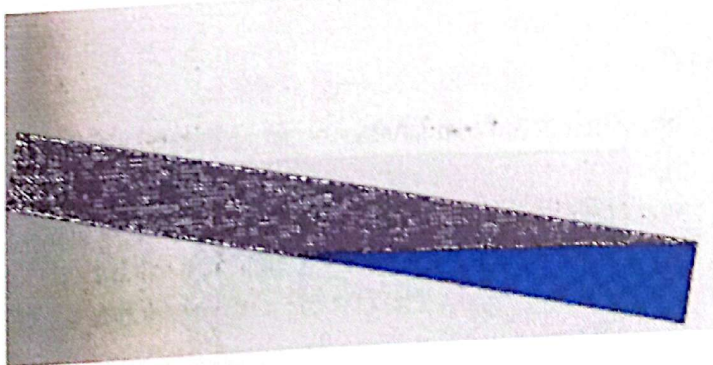
2.3.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO POROSO PERMABLE

ESPECIFICACIONES, REGLAS, PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO POROSO.

Se desarrollarán los ítems más relevantes sobre especificaciones, reglas y consejos para los pavimentos de concreto poroso permeable.

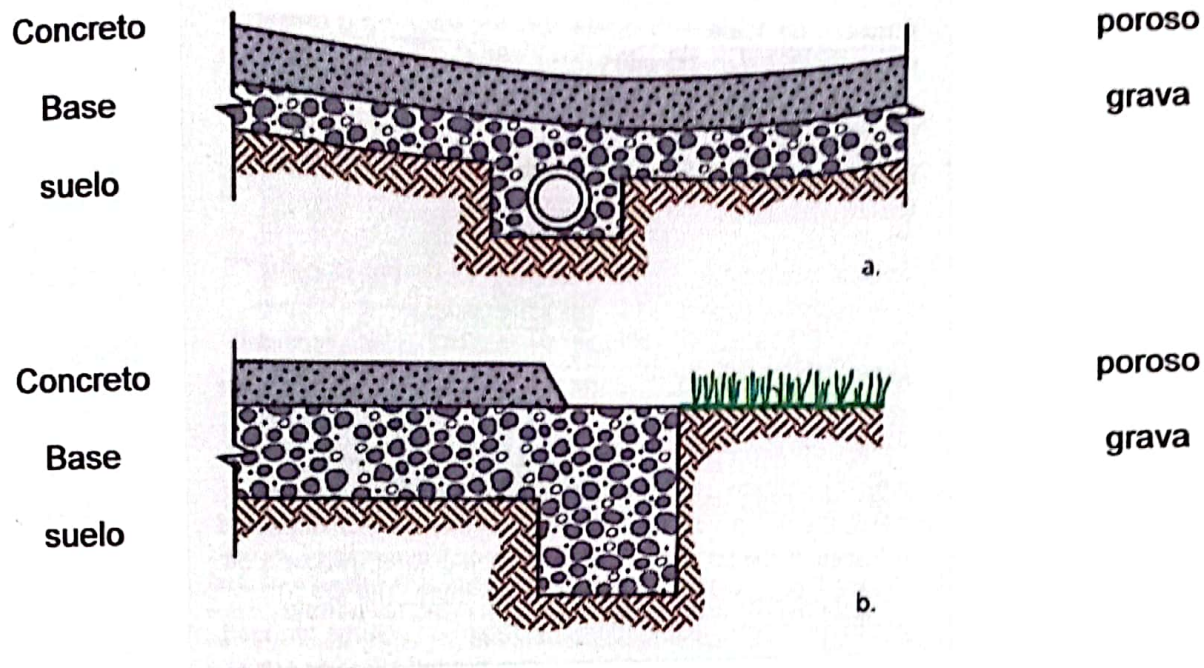
También se reflejarán los aspectos fundamentales sobre construcción de pavimentos de concreto poroso, materiales a emplear, moldes, ejecución, juntas y acabado de pavimentos de CONCRETO POROSO PERMEABLE. Las siguiente figuras dan ejemplos de alternativas y secciones para usarlos en la impermeabilización de los suelos; (a) zanja rellena de grava bajo el pavimento de concreto poroso permeable (centro); (b) zanja longitudinal rellena de grava a lo largo del borde del pavimento del concreto poroso; (c) vallado lateral; (d) zanja rellena de grava que se extiende de la base del pavimento; (e) subdrenaje de arena; (f) subdrenaje de arena con zanja de grava.⁹

Figura 2: Filtración De Agua a la Sub. Base: en ella observamos la pendiente que debemos emplear para que el agua fluya hacia el lugar de recolección.



FUENTE: Florida Concrete & Products Association, Inc., 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

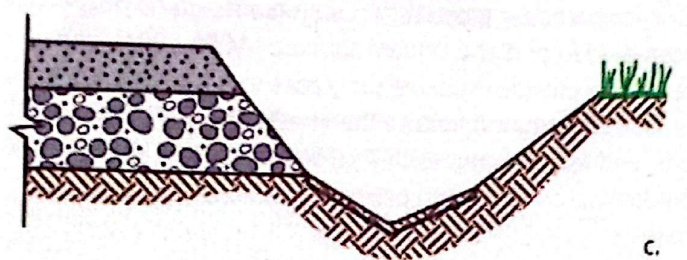
Figura 3: a. Zanja Rellena De Grava Bajo El Pavimento De Concreto Poroso Permeable (Centro); b. Zanja Longitudinal Rellena De Grava A Lo Largo Del Borde Del Pavimento Del Concreto Poroso



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

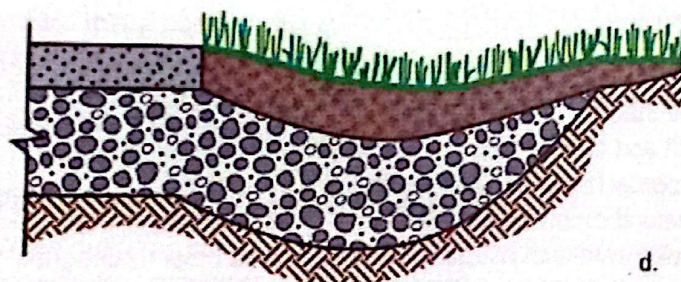
FIGURA 4: c. Vallado Lateral; d. Zanja Rellena De Grava Que Se Extiende De La Base Del Pavimento

Concreto
Base de
suelo



poroso
grava

Concreto
Base de
suelo



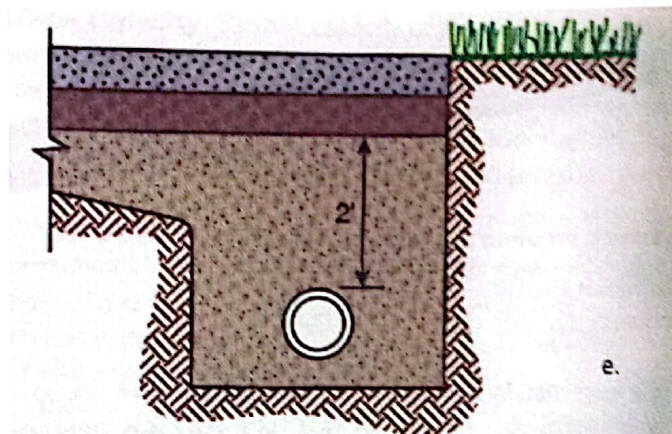
poroso
grava

FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FIGURA 5: e. Subdrenaje De Arena; f Subdrenaje De Arena Con Zanja De Grava.

Concreto poroso
Base de granular
Base de arena

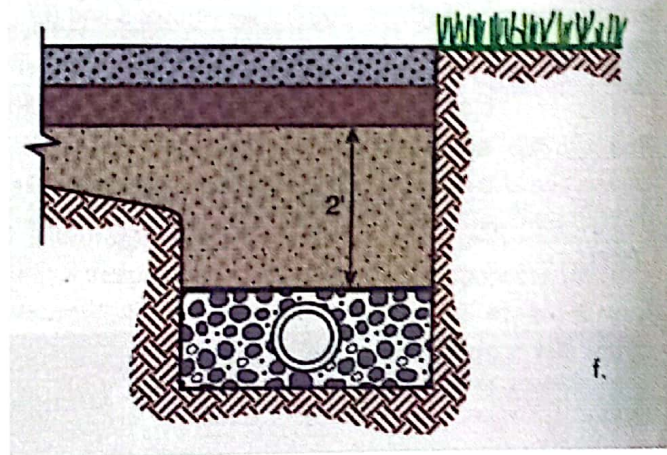
suelo



e.

Concreto poroso
Base granular
Base de arena

Base de grava
Suelo



f.

FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

Se debe tenerse en cuenta que lo descrito a continuación puede sufrir variaciones debido a los diferentes tipos de suelos y materiales con que se cuenta en las regiones donde se los quiera aplicar.

• Procedimiento para corte

El pavimento existente, debe cortarse de acuerdo con los límites especificados y sólo podrán excederse cuando existan razones técnicas para ello y con autorización expresa de la Inspección.¹⁰

El corte deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Se hará según líneas rectas y figuras geométricas definidas.
- Se utilizará equipo especial de corte aprobado previamente por la Inspección.
- En lo posible, se evitará la utilización de equipos que presenten frecuencias de vibración que puedan ocasionar daños o perjuicios en estructuras adyacentes.
- Los daños en el pavimento por fuera de los límites del corte especificado por causa de procedimientos de corte inadecuados, a juicio del Inspector, serán reparados por cuenta del Contratista.

2.3.2 Descripción: Se refiere a la construcción de un pavimento de concreto en cemento Pórtland con base en las Normas y Especificaciones Generales de Construcción, y además, con base en las normas establecidas en las presentes especificaciones para este tipo de pavimento, en las secciones siguientes.¹¹

• Moldes

Se cumplirá:

- Material y Dimensiones.

Se usarán preferiblemente moldes metálicos y tendrán una profundidad igual al espesor indicado en el borde de las losas de concreto. No se permitirán ajustes de los moldes para lograr el espesor de la losa, sino mediante aprobación de la Inspección.

Los moldes no deberán deflectarse más de seis (6) mm, Cuando sean ensayados como viga simple con una luz de tres (3) metros y una carga viva igual al de la máquina terminadora. El ancho de la base será mínimo de 20cm. (8"). Los refuerzos transversales de las aletas se extenderán sobre la base hasta las 2/3 de la altura. No mostrarán deflexiones en ningún punto mayores de tres (3) mm. En tres (3) metros de longitud, y en la parte lateral la deflexión máxima en tres (3) metros de longitud no pasará de seis (6) mm.

10 ORTIZ O. " Consideraciones Generales sobre Procedimientos Constructivos. Experiencias y Tendencias". Ponencia presentada en Mesa Redonda sobre el Estado del Arte de los Pavimentos Rígidos en México. México D.F. Octubre 1997.

11 ORTIZ O. " Consideraciones Generales sobre Procedimientos Constructivos. Experiencias y Tendencias". Ponencia presentada en Mesa Redonda sobre el Estado del Arte de los Pavimentos Rígidos en México. México D.F. Octubre 1997.

➤ Soportes de los Moldes.

El suelo de fundación debajo de los moldes será compactado y perfilado de acuerdo con la pendiente diseñada en las **FIGURAS anteriores** de manera que cuando se coloquen los moldes, éstas queden uniformemente soportadas en toda su longitud y a las cotas especificadas.

Si el nivel del suelo de la fundación queda por debajo de los niveles indicados, el relleno se hará por capas de 2 cm. de espesor o menos y 50 cm. de ancho mínimo a ambos lados de la base de la formaleta. Cada capa será cuidadosamente compactada con cilindradora o pisones apropiados. Las imperfecciones y variaciones por encima de la pendiente serán corregidas, bien por apisonamiento o bien cortando.

➤ Alineación y Pendiente.

Inmediatamente antes de iniciar la colocación del concreto, el Contratista revisará la alineación y la pendiente del molde y hará las correcciones necesarias.

Cuando cualquier molde se haya movido de su posición original, deberá ser recolocada para que quede en la posición correcta.¹²

➤ Fijación de los Moldes.

Se fijarán al suelo con tres (3) o más pasadores por sección de tres (3) metros. Si fuere necesario se colocará un pasador a cada lado de las uniones. La Foto 8 ilustra la preparación intervalos, dirección del agua y preparación para la colocación del concreto poroso permeable (teniendo en cuenta las figuras 2, 3, 4 Y 5 (S. Gallego) [IMG 15890]¹³

➤ Retiro de los Moldes.

Los moldes permanecerán en su lugar por lo menos hasta doce (12) horas después de colocado el concreto.

➤ Limpieza y Engrase de los Moldes:

Una vez retirados, se procederá a limpiar y engrasar muy cuidadosamente las superficies que vayan a quedar en contacto con el concreto, para que al volverlos a colocar estén libres de incrustaciones de mortero o cualquier otro material y sea más fácil su retiro y empleo sucesivo.

¹² ORTIZ O. " Consideraciones Generales sobre Procedimientos Constructivos. Experiencias y Tendencias". Ponencia presentada en Mesa Redonda sobre el Estado del Arte de los Pavimentos Rígidos en México. México D.F. Octubre 1997.

¹³ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION, INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG. 13,14

También se arreglarán los huecos o uniones defectuosas que permitan filtraciones de la lechada o irregularidades en las juntas de construcción.

Para el engrase de los moldes podrá utilizarse aceite mineral o parafina, de forma que evite la adherencia entre el concreto y el molde.

2.3.3 Colocación y Acabado del Concreto:

- Generalidades.

El sobre-espesor de la capa de distribución del concreto por encima de la rasante debe ser tal que cuando ya este compactado y acabado, la losa quede con el espesor indicado en los planos.

Podrá colocarse concreto únicamente sobre subrasantes que hayan sido preparadas de acuerdo con las especificaciones respectivas y previa aprobación de la Inspección. No deberá colocarse concreto alrededor de los sumideros, cámaras de inspección, u otras estructuras, hasta cuando éstas no tengan la pendiente y el alineamiento requerido.

El concreto será depositado sobre la subrasante de tal manera que requiera el menor manipuleo posible.

2.3.4 Acabado de la Superficie del Concreto con Regla Vibratoria: El acabado consiste en la ejecución de las operaciones necesarias, recorriendo la superficie con regla metálica para obtener una cara uniforme y suficientemente nivelada. Luego que las superficies regladas se hayan endurecido lo suficiente se hará el trabajo de acabado con rodillo de concreto poroso permeable, el cual será el necesario para eliminar las marcas dejadas por la regla. **La Foto 9** ilustra el concreto poroso permeable extendido con regla vibratoria. (R. Banka) [IMG 15891]¹⁴

La superficie de concreto fresco no deberá trabajarse con llana METALICA.

2.3.5 Acabado del Concreto cerca de las Juntas: El concreto adyacente a las juntas será compactado con un rodillo compactador de concreto. **La Foto 10** ilustra al lado izquierdo concreto poroso sin compactar y al lado derecho concreto poroso compactado. (R. Banka) [IMG 15892]¹⁵; **La Foto 11** ilustra la extensión del concreto poroso con rodillo (R. Banka)[IMG 15893]¹⁶; **La Foto 12** ilustra al rodillo cortador haciendo la junta en la estructura de concreto poroso. (R. Banka) [IMG 15894];¹⁷

¹⁴ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG. 18

¹⁵ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG. 19

¹⁶ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG. 19

¹⁷ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG 19

2.3.6 Curado y Protección del Concreto: El curado se hará en una de las dos formas siguientes: Curado por Agua. El curado se hará cubriendo toda la superficie con bolsas húmedas, lonas u otro material de gran absorción. El material se mantendrá húmedo por el sistema de tuberías perforadas, de regadoras mecánicas u otro método apropiado.

También puede cubrirse la superficie con hojas de papel o tela plástica. Al colocarlas sobre el concreto fresco, previo un humedecimiento uniforme de la superficie, se pisarán para que el viento no las levante.

En esta forma no se requerirá el empleo adicional de agua una vez la superficie haya sido cubierta. La Foto 13 ilustra lo mencionado anteriormente. (R. Banka) [IMG15898]¹⁸

El tramo debe revisarse frecuentemente para asegurarse que tenga la humedad requerida.

Curado por Compuestos Sellantes. El compuesto sellante deberá formar una membrana que retenga el agua del concreto y se aplicará a pistola o con brocha inmediatamente después que la superficie esté saturada de agua, con autorización de la Inspección en cuanto al tipo y características del componente que se utilizará.

FOTO 9: Forma De Extensión Y Colocación Del Concreto Poroso Permeable Con Regla Vibratoria



FUENTE: Florida Concrete & Products Association, Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

¹⁸ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION, INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 PAG 20

FOTO 10: se aprecia al Lado Izquierdo El Acabado Con Regla vibratoria ; al Lado Derecho se observa La Compactación Con Rodillo



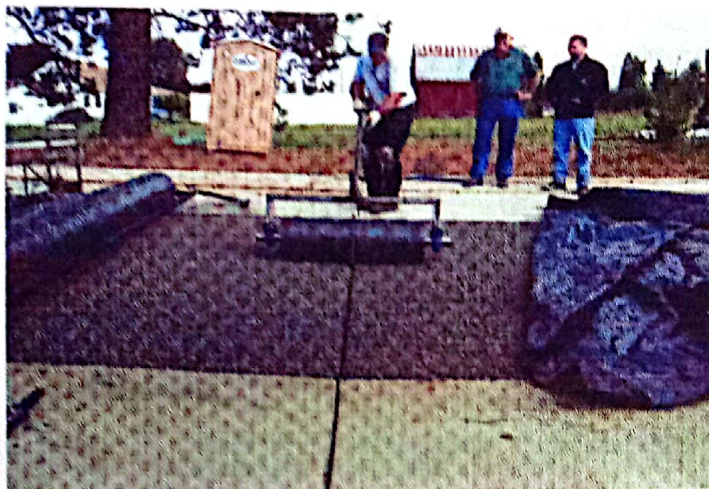
FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO11: Extensión Del Concreto Poroso Con Rodillo



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

Foto 12: Rodillo Cortador Y Hace Referencia A Como "Cortar Pizza"



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 13: Plástico Utilizado Para Proteger El Concreto Poroso Permeable



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

La humedad del concreto debe permanecer intacta por lo menos durante los siete días posteriores a su colocación.

2.3.7. Protección del Pavimento, Acabado y Apertura al Tránsito: Se deberá colocar y mantener cercas y vallas convenientemente localizadas para evitar el tránsito a lo largo del pavimento recién construido. Cualquier parte del pavimento que aparezca dañado por el tránsito o por otras causas antes de su aceptación final, será reparado por su cuenta, de una manera satisfactoria para la Inspección.¹⁹

Ordinariamente no se permitirá el tránsito por el pavimento recién construido hasta los siete (7) días posteriores a la colocación del concreto y este período podrá aumentarse si los ensayos no arrojan los resultados esperados.

2.4 Tipo de Investigación

Este trabajo de investigación es de tipo exploratorio: se llevo acabo un primer contacto con los involucrados directamente en el tema de desarrollo de las ultimas tecnologías, tales como el concreto poroso.

Las empresas consultadas del sector de la construcción son reconocidas nivel nacional e internacional por su trayectoria técnica y profesional las cuales tienen relación directa con lo temas de investigación, las cuales pueden realizar importantes aportes para la comprensión y el mejoramiento de las practicas constuctivas.

Alcance de los resultado: se selecciono el concreto poroso en estudio y comportamiento en pavimentos rígidos teniendo encuanta los conceptos, ensayos de laboratorio, sus características, recomendaciones en la instalación y aplicabilidad y resistencias a la compresión entre 210 kg/cm² (3000psi) y 364 Kg./cm² (5200 psi) las cuales no se han investigado en nuestro medio.

La empresa seleccionada fue Metroconcreto del Grupo Argos, quienes suministraron a la investigación, los siguientes aportes: materiales: granulares, cemento, agua, aditivo, escoria; elementos de laboratorio, como máquinas, recipientes, balanza, humeómetro, cuarto de curado; y asesoría técnica.

2.4.1 Variables

Se plantea en el trabajo la evaluación técnica, a través de los ensayos de laboratorio, de un material granular que sirva de base estructural de un pavimento rígido y tenga además una capacidad drenante que permita eliminar la erosión por bombeo y de esta manera mantener la vida útil del pavimento en los parámetros de diseño.

¹⁹ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 120p

2.4.2 Las variables que se estudiarán durante los ensayos de laboratorio del concreto poroso permeable propuesto son:

Resistencia a la compresión	NTC 504 y 673
Resistencia a la flexión	NTC 2871
Masa unitaria	NTC 1926
Permeabilidad	NTC 4486
Porcentaje de vacíos	NTC 92

Los ensayos se realizarán siguiendo la metodología formulada en las normas técnicas colombianas (N.T.C)

3. DISEÑOS DE CONCRETO POROSO

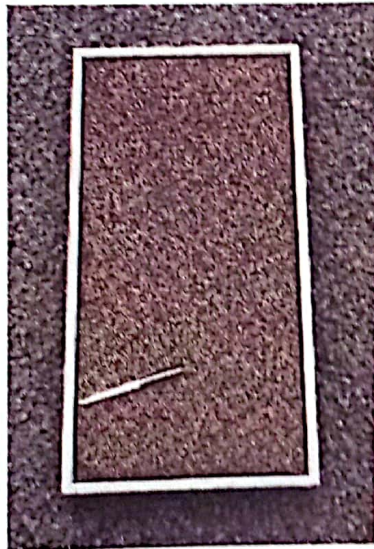
Se diseño utilizado el método del ACI (Instituto Americano del Concreto), que reúne los parámetros y condiciones apropiadas para este tipo de investigación.

Entre los campos de utilización de los concretos porosos se encuentran aquellos que por distintas causas, se quiera la existencia de elementos drenantes capaces de elevar volúmenes importantes de agua en un plazo relativamente reducido. Las obras en las que se ha empleado este tipo de concretos son muy variadas, bajo revestimientos de obras hidráulicas, a fin de aliviar subpresiones. Dentro del campo de los prefabricados se han utilizado en tubos de drenaje y como elementos para pavimentaciones, en baldosas y adoquines.

3.1 El concreto Poroso:

Es el que pesa substancialmente menos que el preparado con agregados de grava o piedra triturada. Esta determinación cubre un amplio rango de pesos del concreto que varían entre 1300 kg/cm³ hasta 1800 Kg./m³. La Foto 14 ilustra la gradación de un concreto poroso permeable (j. Arrollo) [IMG 15888]²⁰

FOTO 14: Granulometría Del Agregado Grueso Del Concreto



FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

²⁰ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

Los objetivos básicos de un concreto poroso son los de obtener un material que tenga las siguientes características:

- Una gran porosidad que permita el paso del agua dentro del material 15 a 20%.
- La dimensión de los agregados más gruesos y la ausencia de agregados medianos nos da la importancia del tamaño de los poros, que permita una buena circulación de agua dentro del material.
- La resistencia a la compresión debe ser cercana a 9 MPa. , A los 28 días.
- El concreto de agregado ligero es el que generalmente se prefiere para propósitos estructurales, donde su uso conduce a un costo menor de la estructura comparada con el del concreto de peso normal.

De acuerdo con la American Concrete Institute (ACI), los concretos porosos tienen una resistencia a la compresión a los 28 días de 176 Kg./cm² o más y un peso que no excede de 1842 Kg./m³. Las características de los concretos porosos para uso estructural provienen del uso de agregados de baja densidad.

3.2 Especificaciones

Las especificaciones usuales para concretos porosos son:

- Resistencia mínima a la compresión.
- Revenimiento máximo.
- Peso máximo y valores máximos y mínimos de contenido de aire.

Las especificaciones del ACI para este tipo de concreto están basadas en concretos preparados con agregados procesados que cumplen con los requisitos de la norma ASTM C 330.

Los concretos porosos no admiten ser consolidados mediante vibración interna. Al ser sometidos a la misma, se produce una migración del mortero hacia el fondo de la capa, quedando esta prácticamente sin porosidad; mientras que en la parte superior los puentes entre los áridos son muy débiles, dando lugar a un material de muy baja resistencia.²¹

Las propiedades de los agregados ligeros, como las formas de las partículas, la textura de la superficie, la gravedad específica, el peso unitario, el diámetro de la partícula, la resistencia, el contenido de humedad y la absorción; afectan las propiedades del

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas n° 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

concreto poroso fresco o endurecido, al igual que lo hacen las propiedades del concreto convencional.

TABLA 5. Rangos Típicos De Las Proporciones De Materiales En Un Concreto Poroso Permeable

	proporciones lb/yd ³	proporciones Kg/m ³
Materiales cementantes	450 y 700	270 y 415
Agregado grueso	2000 y 2500	1190 y 1480
Relación agua / cemento	0.27 y 0.40	
Relación agrega/cemento	4 y 4,5: 1	
relación fino / grueso	0 Y 1:1	

FUENTE: Florida Concrete & Products Association.Inc, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

3.2.1 Resistencia a la Comprensión.

La resistencia de las partículas de agregados ligeros varía de acuerdo con su tipo y origen, sin que haya una confiabilidad entre la resistencia del agregado y la resistencia del concreto. Los agregados tienen una resistencia máxima alcanzable con una cantidad razonable de cemento. La resistencia a la compresión del concreto con agregados ligeros esta relacionada con la relación agua / cemento y los rangos en los que oscila son 500 psi y 4000 psi (3.5 Mpa y 28 Mpa).²³

²³ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 15: Cilindro de concreto poroso permeable



FUENTE: Fotografias Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 16: Especimenes de concreto poroso marcado y listos para llevar al cuarto de curado



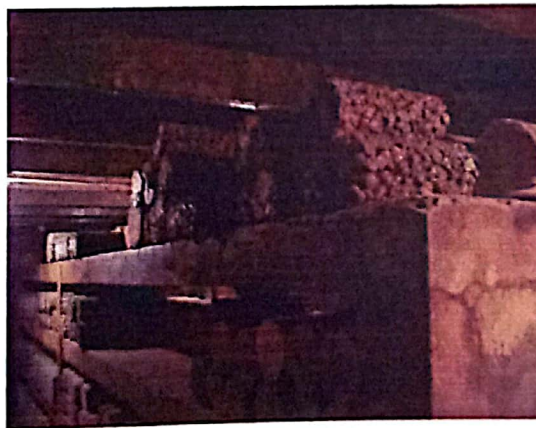
FUENTE: Fotografias Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 17: Especímenes de concreto poroso en el Cuarto de Curado



FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 18: Especímenes de cilindros de concreto poroso en el Cuarto de Curado



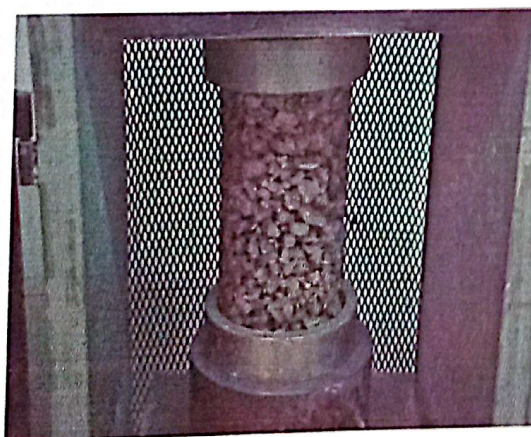
FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 19: Especímenes En El Cuarto De Curado



FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 20: Espécimen De Concreto Poroso Listo Para Fallar La Comprensión



FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

3.2.2 Resistencia al Fuego

Los concretos porosos son más resistentes que los concretos comunes, debido a su menor conductividad térmica, menor coeficiente de expansión térmica y a la inherente estabilidad ante el fuego de sus agregados que se queman previamente a temperaturas mayores, a 1100° C.

En elementos expuestos al intemperismo tiene mayor ventaja que el concreto normal, como tiene menor conductividad de calor prolonga el tiempo necesario para que elementos expuestos alcancen un estado de temperatura estable, esta resistencia reduce los cambios de temperatura interior y disminuye la acumulación de calor solar y enfriamiento nocturno.²⁴

3.2.2 Resistencia A La Flexión.

Los parámetros generales a la flexión para un concreto poroso se encuentran en un rango de 150 psi (1Mpa) y 550 psi (3.8 Mpa). Algunos factores que influyen en resistencia ala flexión son las partículas compactadas y la relación agregado/cemento. Pero en este caso no se requiere de este ensayo para evaluarlo.²⁵

FOTO 21: A continuación se muestra una vigueta de concreto poroso, donde se aprecia el agregado con el cual se diseña la mezcla.



FUNETE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

²⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas n°. 4, Santa fé de Bogotá. D.C. ICPC, 2000

²⁵ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

FOTO 22: Viguetas en concreto poros, donde se aprecia la falla que se obtuvo en la prensa hidráulica.

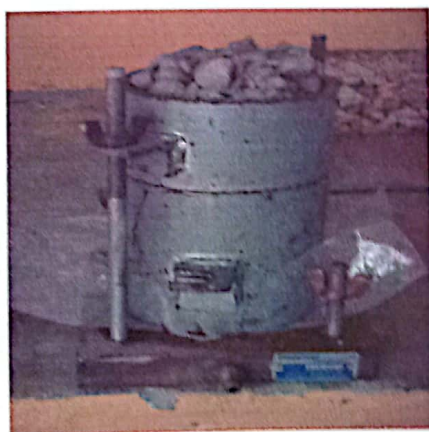


FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

3.2.4 Densidad y Porosidad

La densidad del concreto poros depende de propiedades y proporciones de los materiales utilizados, y en algunos casos de la forma de compactación de estos. Dichas densidades se encuentran en los ordenes de 100 lb/ft^3 y 125 lb/ft^3 (1600 kg/m^3 y 2000 Kg. /m^3)

FOTO 23: Masa Unitaria Suelta del concreto poroso



FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

FOTO 24: Masa unitaria compacta del concreto poroso.



FUENTE: Fotografías Tomadas Por El Autor Del Proyecto

3.2.5 Permeabilidad

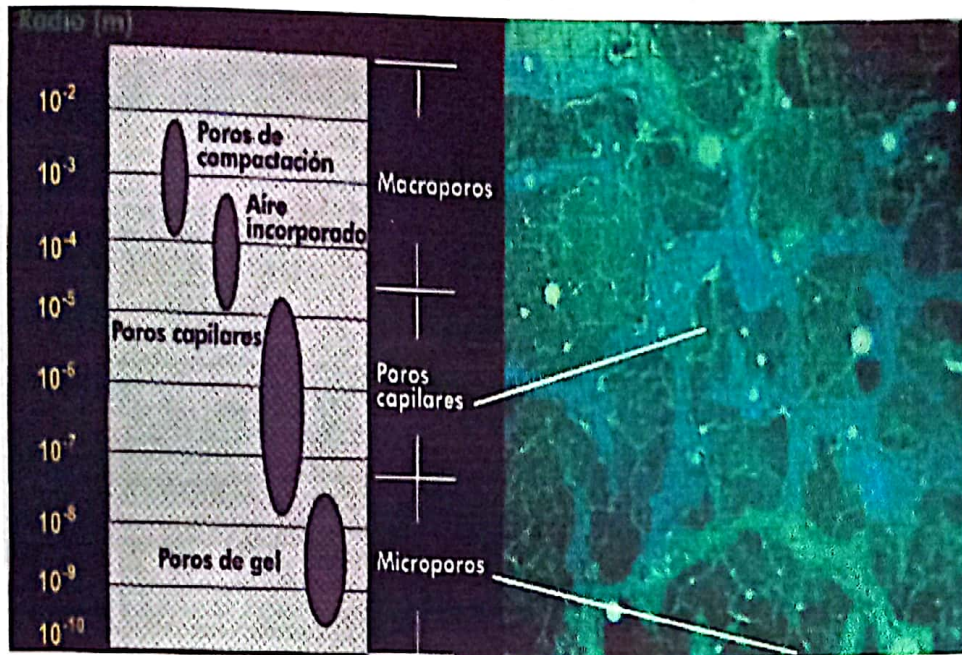
El suelo necesita un previo estudio para poder aplicar el concreto poroso permeable, para ello debemos conocer los materiales y su aplicación. La norma técnica colombiana NTC 4483 método para determinar la permeabilidad K y después por tabla saber que calcular en laboratorio el coeficiente de permeabilidad K y así diseñar nuestro pavimento en tipo de permeabilidad tiene nuestro concreto, y así diseñar nuestro pavimento en concreto rígido

Los rangos de permeabilidad del concreto poroso se encuentran entre 3gal/ft²/min (288 in/hr, 120 l/m²/min, o 0.2 cm/s) hasta 8 gal/ft²/min (770 in/hr, 320 l/m²/min o 0.54 cm/s) y en algunos casos entre 17 gal/ft²/min (1650 in/hr, 700 L/m²/min, 1,2 cm/s) basados en pruebas de laboratorio (Crouhc 2004).²⁶ Ver foto 17, 18,19; figuras 3 y 4²⁷

²⁶ FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION, INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804

²⁷ REVISTA noticreto Vol. 71. Año 2004, pag35,36

Foto 25: ilustra la estructura porosa del concreto y los rangos en los cuales se clasifican los concretos.



Fuente: REVISTA Noticreto Vol. 71. Año 2004, pag35, 36

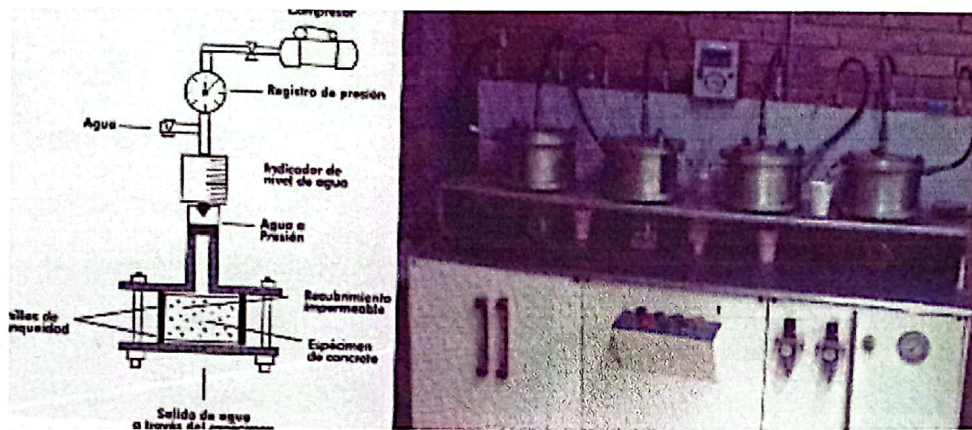
Foto 26: La impermeabilización lateral de la muestra es particularmente importante para evitar fugas laterales



FUENTE: REVISTA Noticreto Vol. 71. Año 2004, pag35, 36

Figura 7: Componentes de la maquina de ensayo

Foto 27: Maquina de ensayo



FUENTE: REVISTA Noticreto Vol. 71. Año 2004, pag35, 36

3.2.6. Aire Incluido

El uso de aditivos reductores de agua o plastificantes se hace con frecuencia, para hacer más fácil el colocado, el acabado y aumentar la trabajabilidad contribuyendo a la durabilidad del concreto estructural poroso.

Las recomendaciones del ACI para el total de aire incluido en concretos estructurales porosos son:

- Del 4% a 8% para agregados de 2cm de diámetro máximo.
- Del 5% a 9% para agregados de 1cm de diámetro máximo.
- La resistencia a la compresión puede reducirse 10.5 Kg./cm² o más. Por cada porcentaje adicional de aire sobre los límites señalados y no conviene incrementar el contenido de aire por reducir el peso unitario del concreto.²⁸

3.3 Normas Técnicas Colombianas, que se emplearon para conocer la calidad de los materiales

²⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000 35p

- Para calcular las proporciones que deben tener los componentes para hacer una mezcla de concreto poroso, es necesario conocer las siguientes características de los materiales aplicar las normas técnicas colombianas.

➤ Para El Cemento: El tipo y la calidad del cemento, expresado por resistencia a la compresión a los tres y 28 días de edad, fueron elaboras con las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS (N.T.C)

❖ Finura blaine	NTC 121
❖ Consistencia normal	NTC 110
❖ Tiempo de fraguado inicial	NTC 109
❖ Tiempo de fraguado final	NTC 109
❖ Calor de hidratación.	NTC 117

➤ Para La Escoria los ensayos que se le realizaron para tener un control de calidad del material fueron las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS (N.T.C.)

❖ Finura blaine	NTC 121
❖ Densidad	NTC 110
❖ Actividad hidráulica	NTC 117
❖ Resistencia a los 28 días	NTC 220

➤ Para El Agregado Grueso los ensayos realizados fueron aplicando las NORMAS TENICAS COLOMBIANAS (N.T.C.)

❖ Humedad natural	NTC1776
❖ Densidad normal	NTC 176
❖ Densidad aparente	NTC 176
❖ Porcentaje de absorción	NTC 176
❖ Masa unitaria compacta	NTC 92
❖ Masa unitaria suelta	NTC 92
❖ Tamaño máximo del agregado	NTC 77
❖ Tamaño máximo nominal	NTC 77
❖ Porcentaje de desgaste	NTC 93 y 98

- ❖ Forma de agregado NTC 174
- ❖ Abrasión NTC 176
- ❖ Porcentaje de caras fracturadas NTC 174
- ❖ Índice de aplanamiento NTC 174
- ❖ Índice de alargamiento. NTC 174
- Para El Agregado Fino los ensayos realizados fueron aplicando las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS (N.T.C.)
- ❖ Humedad natural NTC 1776
- ❖ Densidad aparente seca NTC 237
- ❖ Peso específico SSS NTC 92
- ❖ Masa unitaria compacta NTC 92
- ❖ Masa unitaria suelta NTC 92
- ❖ Porcentaje de absorción NTC 237
- ❖ Contenido de materia orgánica NTC 127
- ❖ Porcentaje pasa tamiz 200 NTC 78
- ❖ Contenido de arcilla. NTC 130
- AGUA Se empleó las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS:
- ❖ Agua para la elaboración del con. NTC 3459
- ❖ cloruros NTC 1623
- ❖ Dureza NTC 1604
- ❖ Sulfatos NTC 1603
- ❖ Turbiedad NTC 881
- ADITIVO Se emplearon las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS
NTC 1299

PLASTOCRETE 169 HE DE SIKA

Descripción

Es un aditivo líquido color ámbar oscuro, que permite reducir el agua de amasado y acelera las resistencias iniciales y finales del concreto, modificando levemente el tiempo de fraguado.

USOS

Mejora resistencias a temprana edad

Mayor desarrollo de resistencias en clima frío

Disminuir el contenido de cemento sin perder resistencia inicial

Aumenta la manejabilidad de la mezcla

Reducir el agua de amasado sin perder manejabilidad

VENTAJAS

Facilita la colocación del concreto ya que incrementa su manejabilidad aun reduciendo el agua de amasado

Incrementa la resistencia inicial y final del concreto

Desencofrado rápido y pronto uso de estructuras nuevas

Aumenta la rotación de formaletas en la prefabricación

Mejora sustancialmente el acabado de los prefabricados

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados.

En este numeral se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio, llevados a cabo durante el período comprendido entre el 3 de agosto de 2004 y el 12 de enero de 2005.

En el estudio se diseñaron cinco estilos de formatos diferentes para el desarrollo de la investigación, relacionados de la siguiente forma:

El primero es la caracterización de los agregados finos como gruesos en los cuales encontramos la identificación de la muestra, análisis granulométrico, identificado con su respectiva norma, curva granulométrica, contenido de arcilla, densidad y absorción del agregado y masa unitaria, relacionados en las tablas siguientes:

Caracterización de los agregados pétreos.

Tabla 1 Características físicas de los agregados pétreos (grava común)

Tabla 2 Características físicas de los agregados pétreos TMN 1"

Tabla 3 Características físicas del agregado pétreo FINO

Tabla 4 Características físicas de los agregados pétreos M.A

En la tabla 5, encontramos, los rangos típicos de las proporciones de los materiales, en un concreto poroso.

El segundo formato es el diseño individual, por peso seco, en el cual encontramos la descripción del producto, especificaciones, y diseño de mezcla, relacionados en las tablas siguientes:

Diseños Individuales Por Peso Seco

Tabla 6 Diseño individual- peso seco 3000 PSI

Tabla 7 Diseño individual- peso seco 4000 PSI

Tabla 8 Diseño individual- peso seco 4000 PSI

Tabla 9 Diseño individual- peso seco 3000 PSI

Tabla 10 Diseño individual- peso seco 4000 PSI

Tabla 11 Diseño individual- peso seco 3000 PSI

El tercer formato es el de verificación y validación del diseño, en el que encontramos el tema o proyecto, responsables del ensayo, cantidades de material por metro cúbico, volumen de la mezcla en litros, resultados de los materiales en estado endurecido, relacionados en las tablas siguientes:

Verificación y Validación de diseños del proyecto.

Tabla 12	Verificación y validación de diseños 1237
Tabla 13	Verificación y validación de diseños 1243
Tabla 14	Verificación y validación de diseños 1254
Tabla 15	Verificación y validación de diseños 1274
Tabla 16	Verificación y validación de diseños 1278
Tabla 17	Verificación y validación de diseños 1281
Tabla 18	Verificación y validación de diseños 1282
Tabla 19	Verificación y validación de diseños 1346
Tabla 20	Verificación y validación de diseños 1347
Tabla 21	Verificación y validación de diseños 1417
Tabla 22	Verificación y validación de diseños 1418
Tabla 23	Verificación y validación de diseños 1421
Tabla 24	Verificación y validación de diseños 1440
Tabla 25	Verificación y validación de diseños 1441

El cuarto formato es el de permeabilidad, en el cual entramos los datos del material a ensayar y los resultados del mismo, relacionado en la tabla siguiente tabla:

Tabla 26 Resultado de permeabilidad

El quinto forma es el utilizado para la presentación de los resultados de los ensayos de laboratorio del cemento, escoria, agregado grueso, agregado fino, paramentos de diseño, granulometría de los agregados, cantidades de material en peso obtenido, resistencias finales y dosificación final de la mezcla de concreto poroso con adición de escoria, los cuales cumplen con las normas técnicas Colombianas relacionados en las tablas siguientes:

Tabla 27	Resultado final del concreto poroso con finos 1
Tabla 28	Resultado final del concreto poroso sin finos 2

4.2 Análisis de Resultados

Los resultados a la compresión de los dos diseños estudiados satisfacen los valores propuestos de resistencia al igual que el de permeabilidad.

En la tabla 27 se muestran los resultados del concreto poroso con finos cumpliendo las especificaciones del ACI 311 para mezclas de laboratorio, al igual que las Normas Técnicas Colombianas. En se obtuvieron resistencias a la compresión a los 28 días de 362.2 Kg. /cm² o 5152 psi, y un modulo de rotura de 33 Kg. /cm². El diseño óptimo realizado con un porcentaje del 7% arena y 3% de escoria, mostró una apariencia pastosa, y no se observaba la porosidad que distingue a un concreto poroso de otro que es convencional.

En Tabla 28 se muestran los resultados del concreto poroso sin finos, cumpliendo las especificaciones del ACI 311 para mezclas de laboratorio, al igual que las Normas Técnicas Colombianas. Este ensayo cumple a satisfacción las premisas planteadas en el proyecto de investigación. Es de resaltar que el ensayo a la compresión a los 28 días fue de 4624 psi o 325 Kg. /cm².

El modulo de rotura del material es de 385 psi o 27.07 Kg. /cm² en los diseños estudiados, el cual nos indica que el material se comporta, bien estructuralmente, pero no es representativo, para evaluarlo estructuralmente de acuerdo a las recomendaciones hechas por las diferentes experiencias realizadas en otros países.

La permeabilidad fue de 1.52e-03 y 2.1585E-04, m/s, es decir que al compararlo con el de un suelo, lo clasificamos como un suelo moderadamente permeable, es decir una arena o arena fina. Los resultados del ensayo los encontramos en la tabla 26.

.En los resultados de resistencias a la compresión de cada cilindro, se vio afectado, por la falta de uniformidad de la superficie, ya que sobre salen algunas gravas y al realizar la carga sobre el daba lecturas erradas.

Para solucionar esto capinamos los cilindros de concreto poroso con azufre, dando como resultados resistencias esperadas del material estudiado.

El resultado de las masas unitarias fueros de Kg. /cm³ y 1850 Kg. /cm³, cumpliendo las especificaciones dadas para la elaboración del concreto poros, que están entre 1600 Kg. /cm³ y 1800 Kg. /cm³.

El porcentaje de vacíos es de 34% y 28%, el cual es muy alto de acuerdo a lo expuesto en las especificaciones.



DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE CALIDAD
LABORATORIO CENTRAL

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADO PÉTREO FINO (MEZCLA DE ARENAS)

TABLA 3

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA No.	2546	FECHA ENSAYO	2004-08-25	PLANTA	NORTE
PROCEDENCIA	TOPCO-P.E.M.	DESCRIPCION	MEZCLA ARENAS (RIO Y PENA RESPECT.)		
PROVEEDOR	GRAV ALBANIA / PEM	CONTACTO	ING. MARGARITA MEJIA- ARMANDO GUTIERREZ		

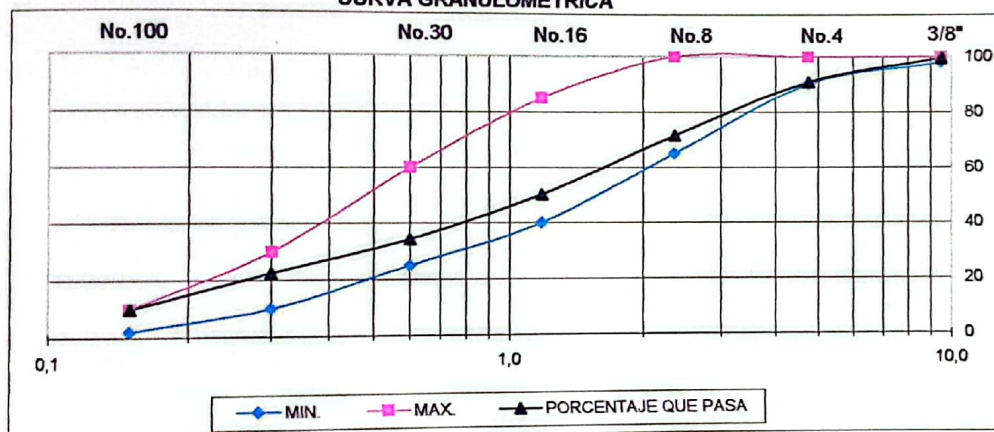
ANALISIS GRANULOMÉTRICO (NTC 77)

PESO TOTAL (g):	TAMIZ	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESP. INTERNA	
						MIN.	MAX.
	3/8"	5,6	0,5	0,5	99,5	98	100
	No.4	87,4	8,5	9,1	90,9	90	100
	No.8	198,2	19,4	28,5	71,5	65	100
	No.16	217,6	21,3	49,8	50,2	40	85
	No.30	162,5	15,9	65,6	34,4	25	60
	No.50	122,4	12,0	77,6	22,4	10	30
	No.100	127,6	12,5	90,1	9,9	2	10
	No.200	94,0	9,2	99,3	0,7		
	FONDO	7,3	0,7	90,8			
	TOTAL	1022,6	100,0				

NORMA NTC 174

M DE FINURA	3,21	ESPECIFICACION INTERNA	2,2 - 3,5	NORMA NTC 174	
				MIN.	MAX.
				2,3	3,1

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONTENIDO DE ARCILLA (NTC 78)

% PASA TAMIZ N° 200	4,82	ESPECIFICACION INTERNA:	<5.50%
---------------------	------	-------------------------	--------

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA (NTC 127)

Nivel carta de colores	3	ESPECIFICACION INTERNA:	<3
------------------------	---	-------------------------	----

DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (NTC 237)

D. APARENTE g/cm³	2,528	D. NOMINAL g/cm³	2,598
D. SSS g/cm³	2,559	ABSORCION (%)	0,97

MASA UNITARIA (NTC 92)

SUELTA (M.U.S.) g/cm³	1,518
APISONADA (M.U.A.) g/cm³	1,678

OBSERVACIONES

ELABORÓ

SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA
ESTUDIANTE ING. CIVIL.

REVISÓ

Ing. JORGE E. BONILLA A.
Ing. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

APROBO

Ing. LUCIANO CASTAÑEDA R.
Dir. GESTIÓN DE CALIDAD

TABLA 2.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADOS PÉTREOS TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1"

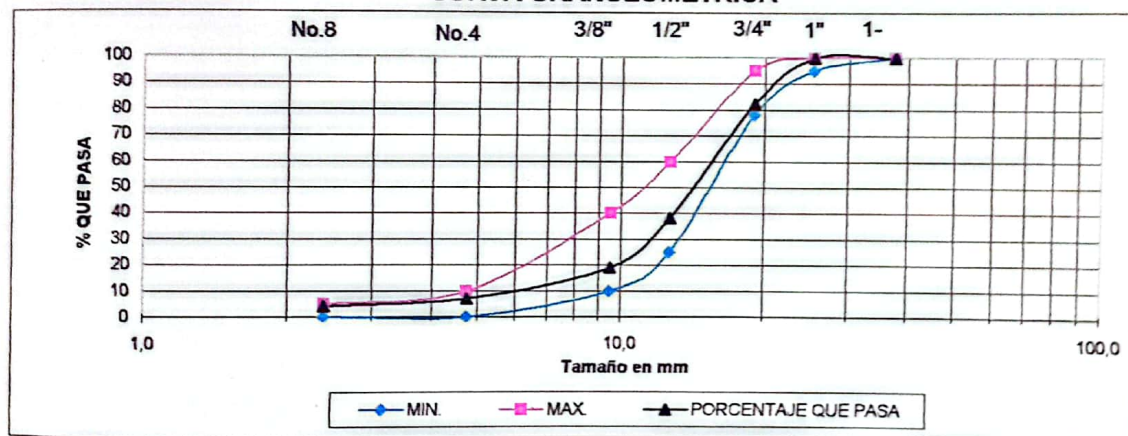
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA No:	2672	FECHA ENSAYO	2004-10-30	PLANTA	NORTE
PROCEDENCIA	PLANTA FUSCA	DESCRIPCION	MEZCLA GRAVAS TRITURADAS (ALBANIA 75% CTU 25%)		
PROVEEDOR	GRAV. ALBANIA / C.T.U.	CONTACTO	ING. DIEGO IBARBO / ING. SANDRA MONCAYO		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTC 77)

TAMIZ	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	NORMA NTC 174	
					MIN.	MAX.
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1"	0	0,0	0,0	100,0	95	100
3/4"	635	17,8	17,8	82,2	78	95
1/2"	1563	43,8	61,6	38,4	25	60
3/8"	686	19,2	80,9	19,1	10	40
Nº 4	429	12,0	92,9	7,1	0	10
Nº 8	104	2,9	95,8	4,2	0	5
Nº 200	141	4,0	99,8	0,2	0	2
FONDO	8	0,2	100,0			
TOTAL	3566	100,0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONTENIDO DE ARCILLA (NTC 78)

% PASA TAMIZ Nº 200	1,08	ESPECIFICACION INTERNA:	< 1,0%
---------------------	------	-------------------------	--------

DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTC 176)

DENSIDAD APARENTE g/cm³	2,287	DENSIDAD NOMINAL g/cm³	2,643
DENSIDAD SSS g/cm³	2,421	ABSORCIÓN (%)	5,89

MASA UNITARIA (NTC 92)

SUELTA (M.U.S.) g/cm³	1,345
APIONADA (M.U.A.) g/cm³	1,470

OBSERVACIONES

ELABORÓ

REVISÓ

APROBÓ

SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA.
ESTUDIANTE ING. CIVIL.

Ing. JORGE EDUARDO BONILLA A.
Ing. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Ing. LUCIANO CASTAÑEDA R.
Dir. GESTIÓN DE CALIDAD

TABLA 1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADOS PÉTREOS (GRAVA COMÚN)

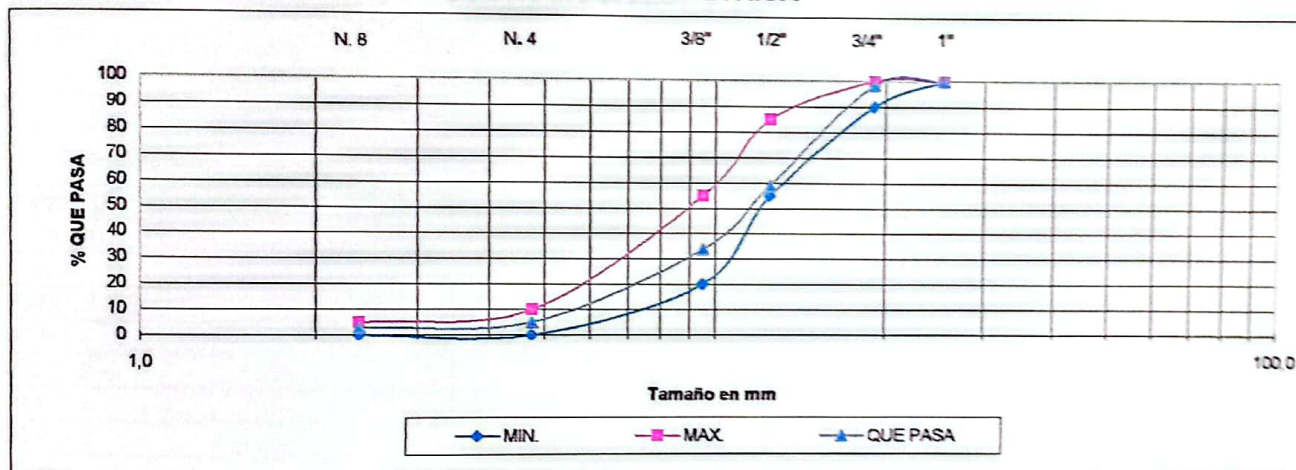
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA No:	2796	FECHA ENSAYO	2004-12-29	PLANTA	NORTE
PROCEDENCIA	ALBANIA - TABIO	DESCRIPCION	GRAVA DE RIO TRITURADA, TONOS GRISES		
PROVEEDOR	GRAVILLERA ALBANIA	CONTACTO	ING. DIEGO IBARBO		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTC 77)

TAMIZ	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESP. INTERNA	
					MIN.	MAX.
PESO TOTAL (g):	3944					
1"	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4"	62	1,6	1,6	98,4	90	100
1/2"	1565	39,7	41,3	58,7	55	85
3/8"	988	25,1	66,3	33,7	20	55
Nº 4	1134	28,8	95,1	4,9	0	10
Nº 8	81	2,1	97,1	2,9	0	5
Nº 200	111	2,8	99,9	0,1		
FONDO	3	0,1	100,0			
TOTAL	3944	100,0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONTENIDO DE ARCILLA (NTC 78)

% PASA TAMIZ Nº 200	0,95	ESPECIFICACIÓN INTERNA:	< 1,0%
---------------------	------	-------------------------	--------

DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTC 176)

Densidad Aparente g/cm³	2,333	Densidad Nominal g/cm³	2,640
Densidad SSS g/cm³	2,450	Absorción (%)	4,98

MASA UNITARIA (NTC 92)

SUELTA (M.U.S.) g/cm³	1,329
APISONADA (M.U.A.) g/cm³	1,457

OBSERVACIONES

ELABORÓ

REVISÓ

APROBO

ING. JORGE E. BONILLA A.
ING. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

ING. LUCIANO CASTAÑEDA R.
DIR. GESTIÓN DE CALIDAD

ING. JORGE E. BONILLA A.
ING. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO
TABLA 6

FECHA AGOSTO 3 2004
 PLANTA LEBLAN
 CLIENTE _____
 OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	3000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO:	30P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	3000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,4000	OTRO	
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,129		

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	296	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	104	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1	Topco	137	Kg	2,42	2,80	MP049
ARENA 2	PEM	46	Kg			MP111
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1231	Kg	2,305	5,21	MP053
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	160	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	0,00	l	1.29 kg/l		MP099
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						

900,4100977

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
 INGRESO DEL DISEÑO
 AL AUTOMATA O TABLAS
 DE CARGUE _____

F-GDC-D-001-4



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO
TABLA 7

FECHA AGOSTO 12 2004
 PLANTA LEBLAN
 CLIENTE _____
 OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	4000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO:	40P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	4000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,3556	OTRO	
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,104		

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	333	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	117	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1	Topco	107	Kg	2,42	2,80	MP049
ARENA 2	PEM	36	Kg			MP111
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1231	Kg	2,305	5,21	MP053
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	160	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	4,50	l	1.29 kg/l		MP099
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						

900,222905

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
 INGRESO DEL DISEÑO
 AL AUTOMATA O TABLAS
 DE CARGUE _____

F-GDC-D-001-4

10 cc



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO
TABLA 8

FECHA AGOSTO 24 2004
 PLANTA LEBLAN
 CLIENTE _____
 OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	4000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO:	40P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	4000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,3867	OTRO	
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,123		

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	333	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	117	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1	Topco	124	Kg	2,42	2,80	MP049
ARENA 2	PEM	41	Kg			MP111
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1178	Kg	2,305	5,21	MP055
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	174	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	4,50	l	1.29 kg/l		MP013
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						

900,3203217

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
 INGRESO DEL DISEÑO
 AL AUTOMATA O TABLAS
 DE CARGUE _____

F-GDC-D-001-4

10 cc



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO

TABLA 9

FECHA SEPTIEMBRE 6 2004
PLANTA _____
CLIENTE _____
OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	3000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO	30P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	3000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,356	OTRO	
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,130		

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	315	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	135	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1	Topco	134	Kg	2,42	2,80	MP049
ARENA 2	PEM	45	Kg			MP111
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1196	Kg	2,305	5,21	MP053
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	160	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	4,50	l	1,29 kg/l		MP099
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						

900,352

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
INGRESO DEL DISEÑO
AL AUTOMATA O TABLAS
DE CARGUE

F-GDC-D-001-4



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO
TABLA 10

FECHA SEPTIEMBRE 6 2004
 PLANTA _____
 CLIENTE _____
 OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	4000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO:	40P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	4000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,314		
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,130	OTRO	

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	357	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	153	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1	Topco	130	Kg	2,42	2,80	MP049
ARENA 2	PEM	43	Kg			MP111
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1156	Kg	2,305	5,21	MP055
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	160	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	5,10	l	1.29 kg/l		MP013
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						
		900,188				

10 cc

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
 INGRESO DEL DISEÑO
 AL AUTOMATA O TABLAS
 DE CARGUE _____

F-GDC-D-001-4



DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
DISEÑO INDIVIDUAL - PESO SECO
TABLA 11

FECHA ENERO 29 2005
 PLANTA LEBLAN
 CLIENTE _____
 OBRA _____

PRODUCTO			
DESCRIPCION	3000 PSI GR 1" CONCRETO POROSO	CODIGO:	30P202

ESPECIFICACIONES						
RESISTENCIA	FLEXION		TAM. MAXIMO AGREG.	1"	CONT. AIRE	
	COMPRESION	3000 PSI	REL. AGUA/CEMENTO	0,4000	OTRO	
ASENTAMIENTO, CONSISTENCIA, O FLUIDEZ		-	REL. ARENA/AGREGADO	0,000		

DISEÑO						
Constituyente	Proveedor	Cantidad	Unidad Medida	Densidad	Absorción	Código Command
CEMENTO	Paz del Rio Tipo III	296	Kg	3,12		MP001
ESCORIA	Paz del Rio	104	Kg	2,9		MP003
CENIZA						
MICROSILICE						
ARENA 1						
ARENA 2						
GRAVA 1	Topco-CTU 1"	1405	Kg	2,305	5,21	MP055
GRAVA 2						
AGUA	Acueducto	160	l			MP029
ADITIVO 1	169 HE	4,00	l	1.29 kg/l		MP099
ADITIVO 2						
ADITIVO 3						
FIBRA						
OTRO						

900,28

REVISÓ: JORGE EDUARDO BONILLA A.

APROBÓ: LUCIANO CASTAÑEDA

RESPONSABLE DEL
 INGRESO DEL DISEÑO
 AL AUTOMATA O TABLAS
 DE CARGUE _____

F-GDC-D-001-4

10 cc

TABLA 12

RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0.400	0.129	0.412

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

TIEMPOS DE FRAGUADO

[illegible]

ESTADO ENDURECIDO

ESTADO PLASTICO

ESTADO PLÁSTICO	
% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

MANEJABILIDAD

TIEMPO	cm	Pulg
30"		
50"		
90"		
120"		
150"		
180"		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

TABLA 13

ENSAYO Nº	CODIGO MUESTRA	FECHA ENSAYO	HORA ENSAYO
1243	30P202	04-Ago-04	10:30

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,400	0,129	0,412

MATERIALES	CEMENTO(Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	296	104	183		1231		160	10	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
------------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	11,84			11,84
ESCORIA	4,16			4,16
ARENA 1	7,32	7,80	2,80	7,89
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	49,24	5,73	5,21	52,06
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,78
ADITIVO 1 cm³	160,00			160,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

[illegible]

ESTADO ENDURECIDO							
RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA - VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT. PROM KN COMPRESION	LECT. PROM KN FLEXION	COMPRESION		FLEXION	
				PSI	kg/cm ²	PSI	kg/cm ²
3 DIAS				1900	133,6		
7 DIAS				3757	264,1		
14 DIAS				4079	286,8		
28 DIAS				4973	349,6		
56 DIAS				5957	418,8		

ESTRUC. PLÁSTICO	
% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

Observaciones

REVISADO POR:

TABLA 14

PROYECTO/TEMA:

RESPONSABLE:

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,356	0,104	0,432

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

[illegible]

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				1082	76,1		
7 DIAS				2245	157,0		
14 DIAS					0,0		
28 DIAS				2710	190,5		
56 DIAS				3381	237,7		

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

REVISADO POR:

PROYECTO/TEMA: TESIS CONCRETO POROSO
RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	1,160	0,123	0,235

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

TIEMPOS DE FRAGUADO

ESTADO ENDURECIDO

ESTADO PLASTICO

OBSERVACIONES

MANEJABILIDAD

REVISADO POR:

**DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
VERIFICACION Y VALIDACION DE DISEÑOS**

PROYECTO/TEMA: TESIS CONCRETO POROSO
RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

TESIS CONCRETO POROSO

RESPONSABLE:

RELACION A/C REAL	RELACIÓN A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,356	0,130	0,457

MATERIALES	CEMENTO (Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	315	135	179		1196		160	10	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	12,60			12,60
ESCORIA	5,40			5,40
ARENA 1	7,16	8,70	2,80	7,78
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	47,84	5,30	5,21	50,38
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,93
ADITIVO 1 cm³	180,00			180,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

[illegible]232,2

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				1852	130,2		
7 DIAS				3336	234,5		
14 DIAS				4025	283,0		
28 DIAS				5179	364,1		
56 DIAS				5814	408,8		

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

OBSERVACIONES

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

REVISADO POR:

TABLA 18

ENSAYO N°	CODIGO MUESTRA	FECHA ENSAYO	HORA ENSAYO
1282	40P202	07-Sep-04	09:30

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,314	0,130	0,514

MATERIALES	CEMENTO(Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	357	153	173		1156		160	10	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	14,28			14,28
ESCORIA	6,12			6,12
ARENA 1	6,92	8,70	2,80	7,52
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	46,24	5,30	5,21	48,69
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,95
ADITIVO 1 cm³	204,00			204,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

TIEMPOS DE FRAGUADO

TIEMPOS DE FRAGUADO				
	TIEMPO (Hr)	AGUJA	LECTURA	RESIS (Kg/cm2)
10				
	FRAG. INICIAL		FRAG. FINAL	

ESTADO ENDURECIDO

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				3712	261,0		
7 DIAS				4633	325,7		
14 DIAS				4114	289,2		
28 DIAS				4454	313,2		
56 DIAS				4812	338,3		

ESTADO PLASTICO

ESTADO PLÁSTICO	
% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

MANEJABILIDAD

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

**DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
VERIFICACION Y VALIDACION DE DISEÑOS**

TABLA 19

PROYECTO/TEMA: TESIS CONCRETO POROSO

RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

ENSAYO N°	CODIGO MUESTRA	FECHA ENSAYO	HORA ENSAYO
1346	30P202	27-Oct-04	10:00

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,400	0,129	0,412

MATERIALES	CEMENTO(Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	296	104	183		1231		160	10	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
----------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	11,84			11,84
ESCORIA	4,16			4,16
ARENA 1	7,32	13,00	2,80	8,27
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	49,24	5,00	5,21	51,70
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,76
ADITIVO 1 cm³	160,00			160,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

[illegible]

ESTADO ENDURECIDO

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				1595	112,1		
7 DIAS				2191	154,0		
14 DIAS				2773	195,0		
28 DIAS				3390	238,3		
56 DIAS				4222	296,8		

ESTADO PLASTICO

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

MANEJABILIDAD

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

TABLA 21

PROYECTO/TEMA:

RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,400	0,129	0,412

MATERIALES	CEMENTO (Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO (Kg)	AGREGADO (Kg)	160	10	
CANTIDAD	296	104	183		1231		ACUEDUCTO	169 HE	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU				
TEMPERATURA									

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	11,84			11,84
ESCORIA	4,16			4,16
ARENA 1	7,32	10,20	2,52	8,07
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	49,24	5,86	5,21	52,13
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,52
ADITIVO 1 cm³	160,00			160,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

206,4

	TIEMPO (Hr)	AGUJA	LECTURA	RESIS (Kg/cm ²)
6,4				
	FRAG. INICIAL		FRAG. FINAL	

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				1116	78,5		
7 DIAS				1548	108,8		
14 DIAS				2004	140,9		
28 DIAS				2120	149,7		
56 DIAS				2361	166,0		

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

REVISADO POR: _____

TABLA 22

ENSAYO N°	CODIGO MUESTRA	FECHA ENSAYO	HORA ENSAYO
1418	30P202	16-Dic-04	10:00

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,400	0,129	0,412

	CEMENTO(Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	296	104	183		1231		160	10	
TIPO	GPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	40
------------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	11,84			11,84
ESCORIA	4,16			4,16
ARENA 1	7,32	10,20	2,52	8,07
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	49,24	5,40	5,21	51,90
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	6,40			5,74
ADITIVO 1 cm³	160,00			160,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

206.4

TIEMPOS DE FRAGUADO			
TIEMPO (Hr)	AGUJA	LECTURA	RESIS (Kg/cm2)
9,4			
FRAG. INICIAL		FRAG. FINAL	

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

ESTADO ENDURECIDO							
RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT. PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				318	22,4		
7 DIAS				993	69,8		
14 DIAS				1177	82,8		
28 DIAS				1622	114,0		
56 DIAS				2236	157,2		

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

TABLA 24

RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0.400	0.129	0.412

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	90
------------------------------	----

[illegible]

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

ESTADO PLASTICO

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

MANEJABILIDAD

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

**DEPARTAMENTO DE GESTION DE CALIDAD
VERIFICACION Y VALIDACION DE DISEÑOS**

TABLA 25

PROYECTO/TEMA: TESIS CONCRETO POROSO

RESPONSABLE: JORGE EDUARDO BONILLA - SANTIAGO ESCOBAR

ENSAYO N°	CODIGO MUESTRA	FECHA ENSAYO	HORA ENSAYO
1441	30P202	29-Ene-05	09:00

RELACION A/C REAL	RELACION A/C TEORICA	ARENA/AGREG	FINO/AGREG
	0,400	0,129	0,412

MATERIALES	CEMENTO (Kg)	ESCORIA (KG)	ARENA 1(Kg)	ARENA 2(Kg)	AGREGADO 1(Kg)	AGREGADO 2 (Kg)	AGUA	ADITIVO 1	ADITIVO 2
CANTIDAD	296	104	183		1231		160	10	
TIPO	CPR TIII	CPR	MEZCLA		TOPCO-CTU		ACUEDUCTO	169 HE	
TEMPERATURA									

VOLUMEN DE MEZCLA (LITROS)	90
------------------------------	----

MATERIAL	PESO(g)	% HUMEDAD	% ABSORCION	PESO CORR.(Kg)
CEMENTO	26,64			26,64
ESCORIA	9,36			9,36
ARENA 1	16,47	8,40	2,52	17,85
ARENA 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGREGADO 1	110,79	3,80	5,21	115,00
AGREGADO 2	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUA	14,40			14,99
ADITIVO 1 cm³	360,00			360,00
ADITIVO 2 cm³	0,00			0,00

[illegible]

ESTADO ENDURECIDO

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION

ESTADO ENFERMEDOSO							
RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA : VALIDACION							
EDAD	FECHA	LECT.PROM KN COMPRESIÓN	LECT. PROM KN FLEXIÓN	COMPRESIÓN		FLEXION	
				PSI	kg/cm²	PSI	kg/cm²
3 DIAS				1400	98,4		
7 DIAS				2916	205,0	285,3	20,06
14 DIAS				3363	236,4		
28 DIAS				4624	325,1	385,0	27,07
56 DIAS					0,0		

ESTADO PLASTICO

% AIRE	
CONSISTENCIA (MORTERO)	
FLUIDEZ (MORTERO)	
ASENTAMIENTO INICIAL	
TEMPERATURA AMBIENTE	
TEMP. INICIAL CONCRETO	
TEMP. 60' CONCRETO	
REND VOLUMETRICO	
DENSIDAD	

MANEJABILIDAD

TIEMPO	cm	Pulg
30'		
60'		
90'		
120'		
150'		
180'		

OBSERVACIONES

REVISADO POR:

EVALUACION DE LA PERMEABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO POROSO COMO BASE ESTRUCTURAL

DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. DIEGO JARAMILLO PORTO
DIRECTOR CONCRETOS: ING LUCIANO CASTAÑEDA RINCON
DIRECTOR CONCRETOS: ING JORGE BONILLA
DIRECTOR SUELOS: ING GUILLERMO BRITTON

GRADUANDO: SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA

TABLA 26

ENSAYO A LA COMPRESION SIMPLE.

carga axial (kgf)	tiempo mm	deformacion unitaria E	E %	area corregida Kgf/cm ²	esfuerzo Kgf/cm ²
50	0,10	0,033	3%	182,229	0,2743
98	0,20	0,066	7%	189,318	0,5176
150	0,30	0,100	10%	196,344	0,7639
195	0,40	0,133	13%	203,817	0,9567
244	0,50	0,166	17%	211,882	1,1515
305	0,60	0,200	20%	220,887	1,3807
381	0,70	0,230	23%	229,493	1,6601
488	0,80	0,260	26%	238,797	2,0435
622	0,90	0,300	30%	252,442	2,4639
797	1,00	0,330	33%	263,746	3,0218
1274	1,20	0,400	40%	294,516	4,3257
1868	1,40	0,466	47%	330,917	5,6449
2391	1,60	0,533	53%	378,394	6,3188
2893	1,80	0,600	60%	441,775	6,5485
3217	1,97	0,656	67%	513,691	6,2625

EVALUACION DE LA PERMEABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO POROSO COMO BASE ESTABILIZADA

DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. DIEGO JARAMILLO PORTO
DIRECTOR CONCRETOS: ING LUCIANO CASTAÑEDA RINCON
DIRECTOR CONCRETOS: ING JORGE BONILLA
DIRECTOR SUELOS: ING GUILLERMO BRITTON

DISEÑO: 30P202
METODO: FULLER
GRADUANDO: SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA
HOJA 1 DE 2

DATOS DE CALCULO		PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA		CANTIDAD DE MATERIALES EN PESO OBTENIDO		RESISTENCIAS FINALES OBTENIDAS		
Resultados de los Ensayos de Laboratorio				MATERIAL	Kg/m ³ de Concreto	EDAD	KG/CM2	PSI
CEMENTO		Resistencia a la Compresión a los 28 días	5152	Cemento	26,64			
Tipo	III	Relación Agua / Cemento	0,4	Escoria	9,36			
Densidad (gr/cm ³)	3,12	Relación Agregado Grueso / Cemento		Agua	14,99	3 Días	103,8	1476
Finura Blaine (cm ² / gr)	4,23	Contenido de Aire en la Mezcla		Grava	115	7 Días	238,5	3392
Consistencia Normal (%)	29	Asentamiento		MUESTRA	1440	14 Días	270,4	3846
Tiempo de Fraguado Inicial (hora)	2,3	Procedencia del Agua para la Mezcla	Acueducto	Arena	16,47	28 Días	362,2	5152
Tiempo de Fraguado Final (hora)	3,3	Tipo de Aditivo Recomendado	169 HE	Aditivo	360,00	56 Días	394,5	5611
Calor de Hidratación		Índice Esclerométrico a los 28 días						
ESCORIA		Velocidad de Pulso Ultrasonico						
Finura Blaine (cm ² / gr)	3808	Resistencia de Núcleos						
densidad (gr/cm ³)	2,9	Permeabilidad m/s	2,15E-04					
Actividad Hidraulica (%)	71	Contenido de vacíos						
Resistencia 28 días (%)	85	Modulo de Rotura kg/cm2	33,13					
AGREGADO GRUESO		GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS						
Humedad Natural (%)	3,35							
Densidad Normal (gr/cm ³)	2,643							
Densidad Aparente (gr/cm ³)	2,287							
% de Absorción (%)	5,89							
Masa Unitaria Compacta (gr/cm ³)	1,47							
Masa Unitaria Suelta (gr/cm ³)	1,345							
Tamaño Máximo del Agregado	1							
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	3/4							
% de Desgaste	35							
Forma de Agregado	FR							
Abrasión	35							
Porcentaje Cara Fracturada	75							
Índice de Aplazamiento	10							
Índice de Alargamiento	31							
AGREGADO FINO								
Humedad Natural (%)	10							
Densidad Aparente Seca (gr/cm ³)	2,528							
Peso Especifico SSS (gr/cm ³)	2,559							
Masa Unitaria Compacta (gr/cm ³)	1,678							
Masa Unitaria Suelta (gr/cm ³)	1,518							
% de Absorción	0,97							
Contenido de Materia Orgánica	3							
% Pasa Tamiz 200 (0,075 mm)	4,82							
Contenido de Arcilla	4,82							
Modulo de Finura								

TAMIZ	PULGADAS	mm	PESO RETENIDO	% GRAVA QUE PASA	% ARENA QUE PASA
2 1/2		64,00			
2		50,80			
1 1/2		38,10		100,00	
1		25,40		100,00	
3/4		19,00		82,2	
1/2		12,70		38,4	
3/8		9,51		19,1	99,5
1/4		6,35			
No. 4		4,75		7,1	90,9
Fondo					
Total					

TAMIZ	mm	% Corregido
No. 4	4,75	7,1
No. 8	2,38	4,2
No. 10	2,00	
No. 16	1,19	50,2
No. 30	0,595	34,4
No. 40	0,420	
No. 50	0,297	22,4
No. 100	0,149	9,9
No. 200	0,075	0,2
Fondo		
Total		

DOSIFICACION FINAL DE LA MEZCLA

Porcentaje de agregado fino en la mezcla

Porcentaje de agregado grueso en la mezcla

Logo: Asocreto

Logo: SENA

EVALUACION DE LA PERMEABILIDAD Y LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO POROSO COMO BASE ESTABILIZADA

DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. DIEGO JARAMILLO PORTO
DIRECTOR CONCRETOS: ING LUCIANO CASTAÑEDA RINCON
DIRECTOR CONCRETOS: ING JORGE BONILLA
DIRECTOR SUELOS: ING GUILLERMO BRITTON

DISEÑO: 30P202 SIN FINOS TABLA 28 GRADUANDO: SANTIAGO ESCOBAR ESPINOSA HOJA 2 DE 2
--

DATOS DE CALCULO

Resultados de los Ensayos de Laboratorio

CEMENTO

Tipo	III
Densidad (gr/cm³)	3,12
Finura Blaine (cm² / gr)	4,23
Consistencia Normal (%)	29
Tiempo de Fraguado Inicial (hora)	2,3
Tiempo de Fraguado Final (hora)	3,3
Calor de Hidratación	

ESCORIA

Finura Blaine (cm² / gr)	3808
densidad (gr/cm³)	2,9
Actividad Hidraulica (%)	71
Resistencia 28 dias (%)	85

AGREGADO GRUESO

Humedad Natural (%)	3,35
Densidad Normal (gr/cm³)	2,643
Densidad Aparente (gr/cm³)	2,287
% de Absorción (%)	5,89
Masa Unitaria Compacta (gr/cm³)	1,47
Masa Unitaria Suelta (gr/cm³)	1,345
Tamaño Máximo del Agregado	1
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	3/4
% de Desgaste	35
Forma de Agregado	F R
Abrasión	35
Porcentaje Cara Fracturada	75
Indice de Aplanamiento	10
Indice de Alargamiento	31

AGREGADO FINO

Humedad Natural (%)	10
Densidad Aparente Seca (gr/cm³)	2,528
Peso Especifico SSS (gr/cm³)	2,559
Masa Unitaria Compacta (gr/cm³)	1,678
Masa Unitaria Suelta (gr/cm³)	1,518
% de Absorción	0,97
Contenido de Materia Orgánica	3
% Pasa Tamiz 200 (0.075 mm)	4,82
Contenido de Arcilla	4,82
Modulo de Finura	

PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA

Resistencia a la Compresión a los 28 días	4624
Relación Agua / Cemento	0.4
Relación Agregado Grueso / Cemento	
Contenido de Aire en la Mezcla	
Asentamiento	
Procedencia del Agua para la Mezcla	Acueducto
Tipo de Aditivo Recomendado	169 HE
Indice Esclerometrico a los 28 dias	
Velocidad de Pulso Ultrasónico	
Resistencia de Núcleos	
Permeabilidad	1,52E-03
Contenido de vacios	
Modulo de Rotura	27,07
Modulo de Elasticidad	

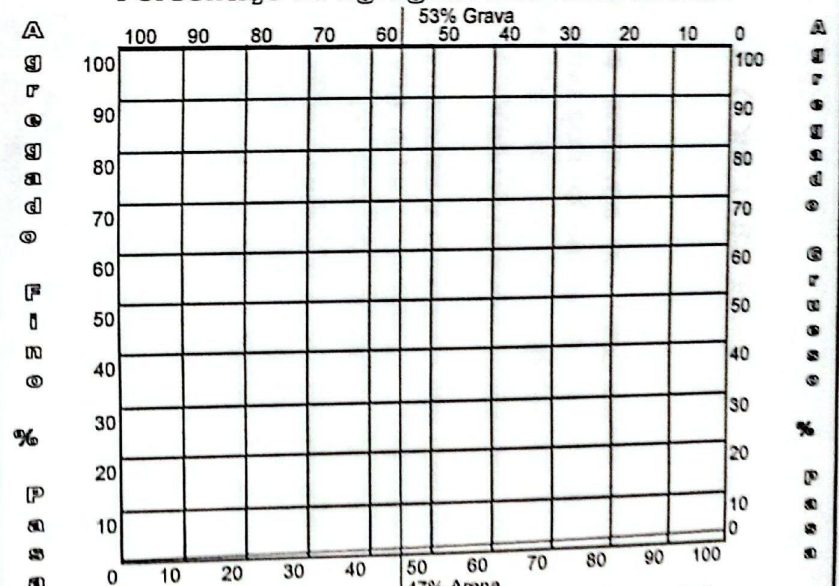
GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

TAMIZ	PESO RETENIDO	% GRAVA QUE PASA	% ARENA QUE PASA
PULGADAS	mm		
2 1/2	64.00		
2	50.80		
1 1/2	38.10	100,00	
1	25.40	100,00	
3/4	19.00	82,2	
1/2	12.70	38,4	
3/8	9.51	19,1	99,5
1/4	6.35		
No. 4	4.76	7,1	90,9
Fondo			
Total			
No. 4	4.76	7,1	90,9
No. 8	2.38	4,2	71,5
No. 10	2.00		
No. 16	1.19		50,2
No. 30	0.595		34,4
No. 40	0.420		
No. 50	0.297		22,4
No. 100	0.140		9,0
No. 200	0.075	0,2	0,7
Fondo			
Total			

CANTIDAD DE MATERIALES EN PESO OBTENIDO		RESISTENCIAS FINALES OBTENIDAS		
MATERIAL	Kg/m ³ de Concreto	EDAD	KG/CM2	PSI
Cemento	26,64			
Escoria	9,36			
Agua	14,99	3 Días	98,4	1400
Grava	50,89	7 Días	205	2916
muestra	1441	14 Días	236,4	3363
Arena	0	28 Días	325,1	4624
Aditivo	360,00	56 Días		

DOSIFICACION FINAL DE LA MEZCLA

Porcentaje de agregado fino en la mezcla



47% Arena

Porcentaje de agregado grueso en la mezcla

[illegible]

5. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para los materiales que conforman el concreto poroso, como son: el cemento, la escoria, el agregado grueso, el agua y el aditivo, están entre los rangos de aceptación de las normas técnicas colombianas, cumpliendo los estándares de calidad, aplicables en la Sabana de Bogotá.

Se observó el comportamiento estructural y drenante del concreto poroso a través de cinco variables, a saber: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, masa unitaria, permeabilidad, porcentaje de vacíos a partir de las pruebas de laboratorio sobre los materiales previamente seleccionados y se aplicó una metodología de diseño de mezcla del concreto poroso tal como se observó en las tablas 27 y 28 que corresponde a concreto poroso permeable con adición de escoria de alto horno con finos y sin finos.

Se verificaron los resultados obtenidos en los diseños del concreto poroso que corresponden a los estándares de calidad recomendados por el INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO (A.C.I). Registrados en las tablas 27 y 28; para complementar la información, en las tablas se presenta a continuación los porcentajes de materiales utilizados en los diseños.

DISEÑO DE CONCRETO POROSO CON ADICION DE ESCORIA DE ALTO HORNO Y ARENA

Cemento	9.5%
Agregado Grueso	54%
Agregado Fino	7%
Escoria	3.5%
Agua	15%
Aire	10%

DISEÑO DEL CONCRETO POROSO PERMEABLE CON ADICION DE ESCORIA DE ALTO HORNO

Cemento	9.5%
Agregado Grueso	45.7%
Escoria	3.6%
Agua	16%
Aire	25%

Se realizaron las pruebas de mezclas para seleccionar el diseño optimo y encontrar una resistencia a la compresión de 362.2 Kg. /cm² (5152 psi), a la flexión de 33.13 Kg. /cm², en el diseño con arena.

En el diseño de concreto poroso sin arena obtuvimos resistencias a la compresión de 325,1 Kg. /cm² (4624 psi) a la flexión 27.07 Kg. /cm² (385 psi), valores esperados para este diseño.

A continuación observamos los resultados obtenidos en el proyecto realizado.

DISEÑO DE CONCRETO POROSO CON ADICION DE ESCORIA DE ALTO HORNO Y ARENA.

Compresión	362.2 Kg. /cm ² (5152 psi)
flexión	33.13 Kg. /cm ² ,
permeabilidad	2.1585E-04-
Masa unitaria	1850 Kg. /cm ³
Porcentaje de vacíos	34 %

DISEÑO DEL CONCRETO POROSO PERMEABLE CON ADICION DE ESCORIA DE ALTO HORNO

COMPRESION	325,1 Kg. /cm ² (4624 psi)
flexión	27.07 Kg. /cm ² (385 psi)
Permeabilidad	1.52e-03-
Masa unitaria	1750
Porcentaje de vacíos	28%

En la manejabilidad del material, se observo que se debe reducir una cantidad de agua en el diseño, ya que al adicionarle el volumen de agua de diseño, el material queda muy pastoso y hace que la resistencia disminuya y el material cementante, quede en el fondo.

Se tuvo en cuenta las recomendaciones de adicionar entre el 5% y 10% de arena para que la trabajabilidad del material y respondiera adecuadamente en la mezcla, la cantidad de arena adicionada fuera del 7%.

Teniendo en cuenta la relación agua/cemento, la especificación recomienda trabajar entre 0.27 y 0.50, es decir que deben ser bajas para obtener un material seco y poco segregable, y para ello tomamos el valor de 0.40, que es el punto intermedio y recomendado, para una mayor resistencia a la compresión.

Para evaluar la permeabilidad se empleo la Norma Técnica Colombiana NTC 4483, Método para Determinar la Permeabilidad del concreto al agua, obteniendo valores de $1.52e-3$ m/s y $2.1585e-4$ m/s, es decir un material moderadamente permeable, para una permeabilidad de penetración mayor de 60mm.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente en las pruebas de laboratorio se evidenció que el concreto poroso, puede ser empleado como una base drenante en una Estructura de Pavimento, pues tanto los materiales como los ensayos de laboratorio cumplen con estándares de calidad exigidos en las normas técnicas colombianas, y por lo tanto es apropiado.

BIBLIOGRAFÍA.

BULL LIAISON, Labo P ET Ch – 92 Nov – Dic 1977 – Ref 2130.

BRYAN MATHER, " How to obtain durable concrete" Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993.

BUSTOS, Ricardo. Universidad Santo Tomás, Junio 1995.

COTTIER, J. "Efectos de la reacción álcali-agregado en el concreto", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993.

DELIBES LINIERS, Adolfo. Tecnología Y Propiedades Mecánicas Del Hormigón, España, Intemac 1993 30p

FLORIDA CONCRETE & PRODUCTS ASSOCIATION.INC, 3030 Dade Avenue, Orlando, Florida 32804 120p

HELMUTH, R. STARK D. "Alkali-Silica Reactivity" Research report SHRP-C-342 Washington D.C. 1993

HUSTAND, T., LOLAND, K.E. "Report 4: Permeability", FCB/ Sintef Norwegian Institute of Technology Trondheim 1981, Report stf 65 A81031.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Notas técnicas nº 4, Santa fe de Bogotá. D.C. ICPC, 2000 35p

KOSMATKA S.H., PANARESE W.C. "Design and control of concrete mixtures" Portland Cement Asociación, 1988.

LA HUE, STAN "INCENTIVES/DESINCENTIVES FOR CONCRETE PAVEMENTS"

LAMOND J. "Durability of concrete pavements" memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad" Monterrey N.L. Méx. 1993

LERMA, HÉCTOR DANIEL. Metodología de la Investigación. Bogotá, mayo de 2003. Ecoe ediciones.

MEHTA, P.K. "Durability-critical issues for the future concrete international" Concrete International V. 19 No. 7 Julio 1997.

MENDOZA, C. "Evitando agrietamientos se mejora la durabilidad", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993.

METHA, K. "Sulfate Attack on concrete a critical review", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993

MORA, J. "Control del agrietamiento en pavimentos rígidos adicionados con fibra", Tesis de grado Maestría en Vías Terrestres, UACH Marzo 1997.

OLAGUE, C. CASTILLO, S. CLEMENTE, M. "Criterios para el diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico para un camino A4S". Diciembre 1995

ORTIZ O. " Consideraciones Generales sobre Procedimientos Constructivos. Experiencias y Tendencias". Ponencia presentada en Mesa Redonda sobre el Estado del Arte de los Pavimentos Rígidos en México. México D.F. Octubre 1997.

PADILLA, E. " La práctica de las carreteras de concreto en México" I Congreso Interamericano de Pavimentos Rígidos

RIVERA, R. "Función de los aditivos en la durabilidad del concreto", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993.

SANJAYA P. ZOLLINGER, D. "Influence of coarse aggregate in portland cement concrete on spalling of concrete pavements", Research report 1244-11 Texas Transportation Institute Nov. 1995 revised oct 1996.

SCANLON, J. "Innovations in concrete technology", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. México 1993.

SCORZA, R. "Experiencias en las carreteras y vialidades recientemente construidas en México con concreto hidráulico". I Congreso Internacional de Vías Terrestres, Chihuahua Méx. 1997.

SHRP, National Research Council, "Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project" Washington .D. C. 1993

REVISTA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Vol. 17 N° 2. Año 2002.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA, manual de ensayos

VELÁZQUEZ, H. "Ventajas económicas de los pavimentos de concreto hidráulico", I Congreso Internacional de Vías Terrestres", Chihuahua, Méx. Abril 1997.