

Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda

(Security Measures of Emergency and Flood and Pollution Solutions for Drainage Design Housing)

Méndez Lavielle, Eduardo*

Resumen. El drenaje pluvial en Reynosa presenta deficiencias con relación a factores que eviten inundaciones en el sector residencial, estos son la impermeabilidad de los materiales utilizados como el concreto en las casas, asfalto y concreto en las calles, la redensificación habitacional generando un aumento considerable en el volumen escurrido a las zonas de evacuación, factores reales de diseño en el drenaje pluvial de los valores de impermeabilidad entre otros.

Palabras Claves. Medidas de seguridad, emergencia, inundación, polución, drenaje.

Abstract. Drainage in Reynosa present deficiencies with relation to factors that could avoid flooding in the residential sector, these problems are related to the impermeability of the material been used like concrete in the houses, asphalt and concrete in the streets, the housing re-densification had generated an increment in the flood's volumes to the evacuation zones, real imperviousness drainage design factors among others.

Keywords. Security measures, emergency, flood, pollution, drainage.

HIPÓTESIS

En las disposiciones del diseño del drenaje pluvial por parte de Comisión Nacional del Agua; existen deficiencias, mismas que serán detectadas para evitar inundaciones en la vivienda mexicana.

INTRODUCCIÓN

Se observa discrepancias en los factores que solucionan inundaciones en los desarrollos habitacionales, analizando la impermeabilidad, la hidrología, la redensificación sin planeamiento adecuado, para profundizar en los diseños de la vivienda con relación al drenaje pluvial de Reynosa.

Con esto se plantea reconocer en la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas un área existente que tenga problemas relacionados con el drenaje pluvial. La ciudad por sus condiciones geográficas tanto por su orografía y cercanía al mar, recibe muy fuertes precipitaciones y una vez recibidos estos escurrimientos en la mayoría de las veces drenan estos superficialmente sin estructura alguna, más que la propia calle y en casos aislados con inferiores configuraciones pluviales.

HISTORIA

Los antecedentes pluviales de Reynosa con relación a su infraestructura, cuenta con diversas obras ejecutadas por el hombre y la madre naturaleza, el Dren de las Mujeres, El Anheló, El Rhode, El Desalinizador, Lateral Vista Hermosa, El Piolet, Anzalduas(a*), el

Río Bravo (b*) y FloodWay en McAllen (c*), (* combinación) entre otros. Estos han sido testigos de la energía de la naturaleza en diversas ocasiones con huracanes como El Beulah en 1967, Wilma en 2005, Emily en el 2005, Alexen el 2010 entre otros. A pesar de la existencia de obras de gran magnitud hidráulica ocasionalmente grandes sectores urbanos, principalmente áreas residenciales, se han visto menguadas con fuertes inundaciones, despertando mi inquietud para analizar estas y resolver su incertidumbre.

Propuesta global con proyecto ejecutivo para resolver la problemática de la ciudad de Río Bravo, Tamaulipas, contando en la iniciativa con colectores, subcolectores y una canalización principal que desemboca al Río Bravo (Mendez E. , 2006). A su vez se ejecuto el proyecto de drenaje pluvial de la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas, México Proyecto consistiendo en la planeación regional del problema de la ciudad de Reynosa y áreas circunvecinas, resolviendo estructuras existentes y con propuestas nuevas de colectores principales y secundarios. (Mendez E. , Drenaje Pluvial de la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas, 2009).

METODOLOGÍA

En la investigación de las Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda inicialmente se caracterizo por una investigación cuantitativa.

Esta manifestándose en una representación descriptiva del problema pluvial residencial, ya que se sigue los parámetros reconocidos de información hidrológica de más de 456 precipitaciones, con 38 años de registros puntuales y siguiendo lineamientos establecidos. Asimismo; se incluyo detalladamente el análisis de 20 muestras de permeabilidad del concreto, 38 de sorptividad del concreto y 62 de permeabilidad del asfalto para los casos específicos de losas de concreto y pisos de concreto y asfalto. También se reconoció la capacidad permeable de los suelos regionales con mas de 421 muestras tanto en suelos proveídos con cubierta orgánica y sin esta. Con estos datos se analizaron los aspectos de las variables existentes de permeabilidad y escurrimiento del área de estudio con relación al cambio de uso de suelo.

Adicionalmente, fue interesante recabar el punto de vista de los habitantes de la zona, teniendo oportunidad de entrevistar y observar datos cualitativos, encontrando importantes tipologías, ya que modificaron sus residencias para coexistir con los fenómenos pluviales, con incrementos en las alturas de las guarniciones hasta de un metro, como fue el caso de las calles San Juan, San Martín y San José entre otras encontradas.

NORMATIVIDAD

El sector residencial con relación a las normas nacionales del drenaje pluvial, se tienen que acatar las de Comisión Nacional del Agua, siendo estas de orden Federal, donde se establecen los parámetros, tales como los Periodo de Retorno, estableciéndose para todo el país un periodo de 1.5 de 3 años T_r :

Aplicando estos parámetros con relación a las áreas residenciales se tienen los siguientes parámetros:

De 1.5 de Periodo de Retorno - Zona residencial unifamiliar y multifamiliar de baja densidad.

De 3 de Periodo de Retorno - Zona residencial multifamiliar de alta densidad (Se consideran valores mayores de 100 hab/ha para alta densidad),sin embargo la ciudad tiene una densidad de 113.82 hab/km², siendo inferior 88 veces a lo considerado para zonas residenciales de la ciudad de Reynosa.

Sin embargo se analiza todos los periodos de retorno Tr con la base de datos hidrológicos obtenidos, para tener una clara idea de los demás periodos de retorno;así con esto, considerarlos en un momento dado como una forma de alivio, como se expone posteriormente.

Lognormal Pearson III Gumbel

Periodo de Retorno	Q	Q	Q
años	mm	mm	mm
Tr			
1.5	58.06	82.55	116.43
2	82.76	92.30	130.80
3	118.23	129.69	152.16
5	166.24	176.66	180.54
10	239.45	227.18	220.90
25	353.33	286.30	276.15
50	454.25	323.25	318.68
100	569.41	349.65	361.50
200	700.20	368.21	404.48

Tabla 1 – Períodos de Retorno(Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)

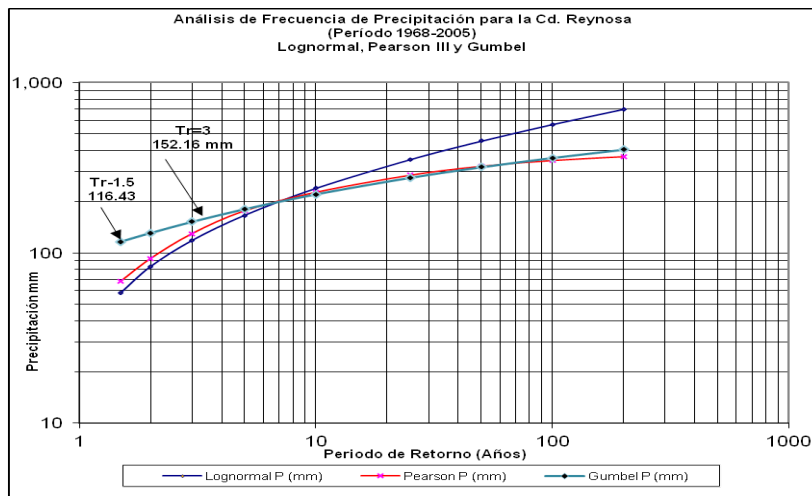
Por consiguiente se elige un sector de la Ciudad de Reynosa que tenga problemas de Drenaje Pluvial en un área residencial para poder modelar con los datos anteriores en un lugar tangible.Por otra parte la Dirección de Catastro de Reynosa hizo una división geográfica de 36 Sectores, con fines de obtener mejores ingresos por la discrepancia y diferencia de uso de suelo registrado originalmente en los lotes que tenían en el padrón catastral, con relación a la evolución edificada de estos mismos a la fecha. El sector elegido fue el 16, ya que la dependencia contaba con datos de uso de suelo de su transformación con relación al tiempo. Por lo que siendo una variable contundente para emprender los análisis requeridos. Esta área comprende una superficie de 2,148,563 m², cuenta con 94 calles, con más de 49 km de longitud, donde se diversifican en calles, bulevares, callejones

entre otros y 12 colonias de análisis, siendo Del Bosque, Los Doctores, Electricistas, Emiliano Zapata, Jardín, Los Leones, Loma Alta, Las Lomas, Longoria (ampliación), Los Fresnos, Mocambo y Morelos (Ampliación).

HIDROLOGÍA

Se analiza la parte proporcional hidrológica con datos puntuales de los Registros Pluviales recabados desde 1968 – 2005 por parte de la Comisión Nacional del Agua, de estos 38 años de información, se analizo con los métodos estadísticos validados por CNA, siendo Gumbel, Lognormal y Pearson tipo III. Se elige el primero, ya que Gumbel presenta una proyección más suave que las otras dos y colaborado también con la metodología de Kolmogorov-Anderson y Anderson-Darling, a su vez en precipitaciones menores a los diez años se observa una menor discrepancia que los otros métodos por su abrupto incremento inicialmente.

Grafica 1 - Análisis de Frecuencia de Precipitación (Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)



Universo, las de Recolección

Técnicas de datos

Instrumentos, se Clasifican los Valores de los datos, teniendo Valores Críticos de la Media Muestral, a su vez se analiza la parte proporcional de la Hipótesis Nula y Alternativa, incorporando el Error tipo I y II.

Periodo de Retorno Tr	Precipitación (mm)	Valores Críticos de la Media Muestral	
		X _{CR} (+)	X _{CR} (-)
1.5	116.43	125.21	107.65
3	152.16	160.94	143.38

Tabla 2– Valores Críticos de la Media para Periodos de Retorno(Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)

Se analizan las estructuras existentes para reconocer si estas son adecuadas con relación a las condiciones hidrológicas por parte de CNA, ya que con los datos antes mencionados podemos reconocer si hay imperfecciones en estas zonas habitacionales.

Estudio para obtener coeficientes de absorción, permeabilidad y sorptividad del sector 16 de Reynosa, Tamaulipas.

Plantear con la hidrología analizada del Sector 16 con el máximo periodo de retorno para zonas habitacionales. A su vez se reconoce la capacidad de las estructuras instaladas con los parámetros permitidos. Se analiza, cómo se ha redensificado con información recabada por Catastro de la ciudad Reynosa. También se reconoce el área residencial de estudio para colaborar información Catastral y agregar información adicional si es percibida. Con esto en el Sector residencial 16, se reconoce la permeabilidad, absorción y la sorptividad de los principales materiales observados que son el concreto y el asfalto. Primordialmente el concreto, aplicado en las tres superficies principales de una vivienda en el piso, pared y techo; a su vez en la observación participante, se recolecto que las calles estaban edificadas con concreto y asfalto.

Con esto se eligen dos de las 12 colonias del sector habitacional con el metodología de números aleatorios (Azar): Colonia de Los Leones y Loma Alta. A su vez, de las 94 calles localizadas estas se eligen tres calles con la misma metodología, una en la primera colonia mencionada, con el mismo nombre y dos de localizadas en las calles San Juan y San José de la Colonia Loma Alta, respectivamente cada una de estas calles, cuenta tanto con una problemática pluvial, como son sus residencias mismas, las calles y sus estructuras existentes para este fin.

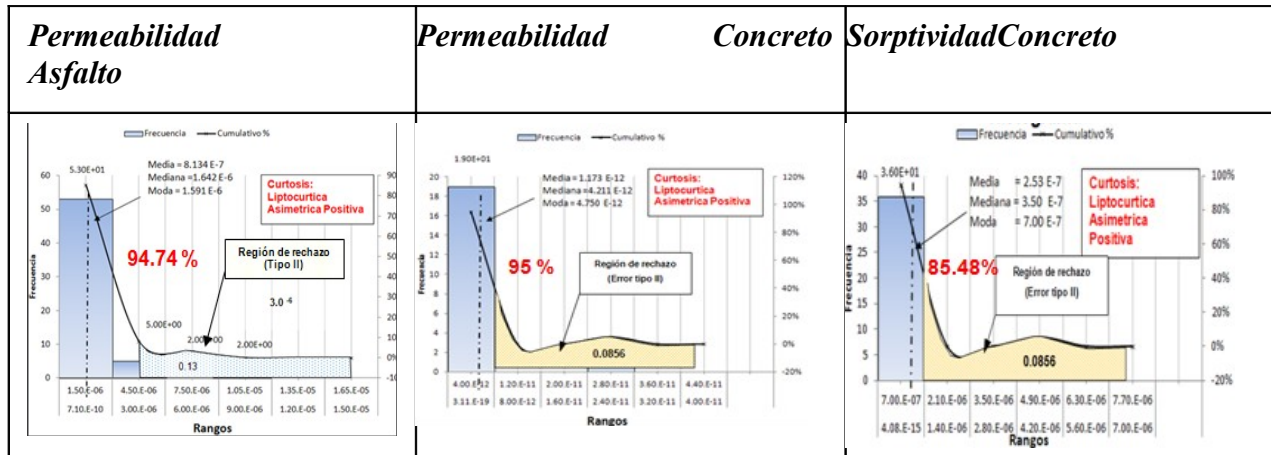
Estas estructuras pluviales están localizadas como se puede apreciar en las colonias y calles como se muestra en las siguientes fotografías.

Loma Alta		Los Leones
San Juan	San José	Los Leones
		

Foto # – Estructuras Pluviales(Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)

La calle San Juan cuenta con seis tuberías de plástico corrugado de 76 cm de diámetro, pero se me informó que tres están segadas con concreto, la estructura ubicada en San Jose cuenta con tres tuberías de plástico corrugado de 51 cm de diámetro y la localizada en la calle de Los Leones es una rejilla de 30 x 40 cm con tubería de concreto de 20 de diámetro.

Se analiza la parte proporcional del concreto y el asfalto como materiales primarios tanto en la casa habitación y ambos como el material primario en las calles. Siendo necesario el análisis del universo de las muestras, aplicar un método para las técnicas de recolección de datos – instrumentos, se procedió a la clasificación de los valores, teniendo valores críticos de la media muestral, para verificar los datos analizados se aplicó la metodología de Hipótesis Nula y Alternativa, Error tipo I y II.



Grafica 2 - Histograma de Permeabilidad y Sorptividad (Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)

Las conclusiones a la investigación generada en este estudio, es el cambio a los Factores de Ecurrimiento que se vienen aplicando en el diseño del drenaje pluvial de México, a su vez el parámetro para condiciones de mayor densidad población es por mucho insuficiente para situaciones de períodos de retorno de 3 años o mayores, ya que todos los parámetros de diseños para zonas residenciales en general recaen actualmente para Tr de 1.5 años.

Por otra parte, la actual ciudad de México tiene 58.7 hab/Hectárea, representando la mayor densidad poblacional con respecto a los demás estados con mas del 66.27% le siguen ciudad de México 6.27 hab/ha, Morelos con 3.3 hab/Ha y Tlaxcala 2.68 hab/Ha, representando 7.08%, 3.72% y 3.03% respectivamente. Lo cual hace al período de retorno de 3 años como zona residencial multifamiliar de alta densidad de 100 hab/ha como un parámetro casi imposible de utilizar o nulo de referirlo para un diseño, incluso no tiene proporción ni hidrológicamente o como una densidad a niveles de proporciones de 100:1, ya que la ciudad de Reynosa por el momento tiene una proporción de 88 veces.

Por otra parte la lluvia por las investigaciones y normativa de otros países analizada tomo en consideración a la lluvia que cae en la parte vertical de la casa habitación, lo que se incluye como un parámetro a incluir en área, ya que la forma tradicional de analizar esta situación es de 2 dimensiones y requiriendo las 3 dimensiones del problema, se concluye como recomendación que la mitad de la superficie se adicionada en los cálculos de la formula racional de $Q=CIA$.

Consecuentemente afecto al área analizada del Sector#16 de Reynosa Tamaulipas. Las muestras analizadas de las diferentes investigaciones obtenidas con relación a la permeabilidad y la sorptividad nos indican que los rangos estadísticamente de la Frecuencia Relativa de la permeabilidad de asfalto y del concreto son mayores al 95% de valores impermeables que garantizan la impermeabilidad del los materiales.

Incremento por Catastro Sector 16 de Redensificación	Sector 16 de superficies de Concreto	Superficies de Techo	Sector 16 Zonas de Casas Residenciales de CNA	Superficies de Calles de Tipo Manual Asfalto y Concreto	Factor por Lluvia en Superficie Vertical	Promedio de Factor de Seguridad M
*	C 0.25 - 0.55 a 1.0	C 0.75 - 0.95 a 1.0	C 0.25 - 0.5	C 0.70 - 0.95 a 1.0	**	*
0.81 - 1.48	4 - 1.82	1.33 - 1.05	$C_w = \frac{\sum_{j=i}^n C_j A_j}{\sum_{j=i}^n A_j}$ $C_w = 0.84 A_j \checkmark$	1.43 - 1.05	0.9 - 0.5	1.72 - 1.12

* Factor no considerado con relación a **redensificación** presentada en el Sector 16

** Nuevas consideraciones a considerar

Tabla 3 – Factores de Modificación a los Valores Existentes (Mendez E. , Medidas de Seguridad de Emergencia de Inundación y Soluciones de Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda, 2012)

Consecuentemente como soluciones a los aspectos analizados, propongo las áreas de Detención y Retención, ya que la excedencia generada por la transformación natural de este sector urbano residencial y por los diversos enfoques demostrados estadísticamente de los materiales del concreto y el asfalto.

Nos permiten aseverar que una solución cuando la lluvia excede el parámetro autorizado de Tiempo de Retorno analizado previamente de 3 años T_r en vez de inundar las viviendas, afectando a los usuarios proporcionalmente con costos directos e indirectos, inicialmente el agua sería vertida a estos destinos y se tendría una disponibilidad como una Medida de Seguridad de Emergencia de Inundación y con esto además permitiría captar el escurrimiento pico; a su vez el confinamiento de los sedimentos y basura como una Solución de la Polución para el Diseño del Drenaje Pluvial de la Vivienda.

Referencias

- A. Kumar, P. (1985). *Diffusion and Pore Structure Studies in Cementitious Materials*. Pennsylvania : The Pennsylvania State University.
- Agua, C. N. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento "Alcantarillado Pluvial"*. Mexico, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Alvarez, M. A. (Septiembre de 2008). *Guia para la Evaluacion y Diagnostico de Danos de Edificios de Concreto*. San Miguel, El Salvador: Universidad de Oriente UNIVO.
- Andrade, M. C. (1988). *Manual Inspeccion de Obras Danadas por Corrosion de Armaduras*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construccion.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrologia de Superficie*. Mexico, D.F.: LIMUSA.
- ASTM. (s.f.).
- Atmósfera, C. d. (s.f.). *Mapa de la Sierra Gorda*.
- Beard, K. (1976). *Terminal Velocity and Shape of Cloud and Precipitation Drops Aloft*. *J. of. Los Angeles: Journal of the Atmospheric Sciences*.
- Bhargava, I. C. (2005). *Estimation of Angle of Deflection of Rain at Driving Rain Prone Stations in India*. Japon: J Asian Archit Build Eng.
- Castro, J. (25 de Mayo de 2011). *Effect of sample conditioning on the water absorption of concrete*. *Elsevier*(0958-9465), 10. Recuperado el 2012
- Castro-Gomes, J. P. (2002). *Discussion of Aggregate and Concrete Water Absorption and Permeability Testing Methodology*. Coimbra, Portugal: World Congress on Housing.
- Council, I. C. (2006). *Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. USA: Code Council, iNC.
- CTE. (2006). *Código Técnico de la Edificación*. España: España.
- D.M. Roy. (1986). *Chem.Cement*. Brazil: Intl Congr.Chem.Cement.
- Doolittle, W. E. (1990). *Canal Irrigation in Mexico*. Austin: University of Texas Press.
- EHE, H. E. (2001). *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión*. Europa: UNE.
- Federal, G. d. (2004). *Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal*. Distrito Federal: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Geografía, I. N. (2010). *Censo General de Población y Vivienda*.
- Goto, H. U. (1974). *Chemistry of Cement*. Moscow: Proc. 6th Int. Congr.
- Helming, K. (2001). *Wind Speed Effects on Rain Erosivity*. Muencheberg: Purdue University and the USDA-

ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

Hernandez, A. (2009). *Condiciones Sinpticas Asociadas con la Tormenta Intensa ocurrida en el Valle de Mexico el 6 Septiembre de 2009*. Mexico, D.F.: Comision Nacional del Agua.

Hernández, A. G. (Noviembre de 2007). Desarrollo y Analisis de Pavimentos Industriales desde el punto de Vista del Acabado Superficial. Santander, Santander.

Hoy, Periodico Tamaulipas. (21 de Julio de 2010). <http://www.hoytamaulipas.net>. Obtenido de <http://www.hoytamaulipas.net/?v1=busqueda&cx=partner-pub-2060485464873683%3A4nn3el-9eee&cof=FORID%3A10&ie=ISO-8859-1&q=inundacion+de+reynosa&sa=Buscar&siteurl=www.hoytamaulipas.net%2Fnotas%2F13328%2FSe-pone-Bravo-Eugenio.html&ref=www.google.com.mx%2Fcese%3>.

INEGI. (2000). XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

J.F. Straube, E. B. (2009). *Simplified Prediction of Driving Rain on Buildings*. Ontario: University of Waterloo.

Kanitpong, K. (2003). Measuring and Predicting Hydraulic Conductivity (permeability) of Compacted Asphalt Mixtures in the Laboratory. 03-3998 (pág. 24). Washington, D.C.: Transportation Research Board.

Mendez, E. (2006). *Proyecto de Drenaje Pluvial Proyecto de Drenaje Pluvial Tamaulipas, Mexico*. Reynosa: Universidad Mexico Americana del Norte.

Mendez, E. (2009). *Drenaje Pluvial de la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas*. Reynosa: Universidad Mexico Americana del Norte, A.C.

Mendez, I. L. (30 de Diciembre de 1992). Drenaje Pluvial de Orizaba, Veracruz. (E. M. Lavielle, Entrevistador)

Mendez, L. (1994). *Drenaje Sanitario de Concreto Presforzado, Reforzado y sin Refuerzo con Junta Hermetica Flexible*. Mexico, D.F.: Comision Nacional el Agua.

Mook, F. J. (1997). Computer Simulation of Driving Rain on Building Envelopes. *2nd European and African Conference on Wind Engineering* (pág. 8). Genova: Eindhoven, Netherlands.

Pennsylvania, S. S. (August de 1993). Concrete Microstructure. Washingtor, DC, USA: Strategic Highway Research Program - National Research Council.

Reinhardt, H. (1992). *Materials Science of Concrete III*. Westerville, OH: American Ceramic Society.

Reynosa, A. C. (2011). *Dirección de Predial y Catastro*. Reynosa: Secretaria de Fianzas y Tesorería.

Romel Solís Cacaño, E. M. (2008). Evaluacion de Danos por Agresion Ambiental en Viviendas de Concreto reforzado. *Ingenieria 18*, 11.

Roy, D. (1993). *Concrete Microstructure Porosity and Permeability*. (S. H. Program, Ed.) Pennsylvania: Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park.

Sidney Mindess, J. F. (2003). *Concrete*. USA: Prentice Hall, Pearson Education, Inc.

Suresh Thokchom, P. G. (7 de September de 2009). Effect of Water Absorption, Porosity and Sorptivity On Durability of Geopolymer Mortars. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, pág. 5.

Transportation, T. D. (2011). *Hydraulic Design Manual*. Austin: Texas Department of Transportation.

Transportation, T. D. (2011). *Hydraulic Design Manual*. Austin: Texas Department of Transportation.

TXDOT. (1999). *Free Moisture and Water Absorption in Aggregate for Concrete*. Texas, USA: TXDOT designation: TEX-409-A.

Vera, R.; Delgado, D.; Villarroel, M.; Palma, G.; Carvajal, A. M. . (2008). *Vera, R.; Delgado, D.; Villarroel, M.; Palma, G.; Carvajal, A. M. Influencia de la Acción del Medio Ambiente en la Durabilidad del Concreto*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Cjile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Wang, X. (2003). *Measuring and Predicting Hydraulic Conductivity (Permeability) of Compacted Asphalt Mixtures in the Laboratory*. Madison, WI: Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Wisconsin-Madison.

(NIST), N. I. (s.f.). 20, I. X. (2000). XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

▪

***Acerca del Autor**

Eduardo Méndez Lavielle. Doctorado en Arquitectura con Enfoque en Vivienda. Universidad Autónoma de Tamaulipas - Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. edmendezl@gmail.com