INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR TRATADA, A TRAVES DE UN DESTILADOR SOLAR, EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO PARA LAS RESISTENCIAS DE 3000 PSI Y 4000 PSI

William Arevalo Álvarez
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR TRATADA, A TRAVES DE UN DESTILADOR SOLAR, EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO PARA LAS RESISTENCIAS DE 3000 PSI Y 4000 PSI

INVESTIGADOR:

WILLIAM ALFONSO AREVALO ALVAREZ

DIRECTOR:

ING. MODESTO BARRIOS FONTALVO

LINEA DE INVESTIGACION:

MATERIALES DE CONSTRUCCION

GRUPO DE INVESTIGACION:

GEOMAVIT

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

CARTAGENA DE INDIAS D. T y C.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 4

1. INTRODUCCION 7

2. MARCO REFERENCIAL 9

2.1 ESTADO DEL ARTE 9

2.2 MARCO TEORICO 14

2.2.1 GENERALIDADES Y PROPIEDADES DEL AGUA 14

2.2.2 DESALINIZACIÓN 18

2.2.3 GENERALIDADES DEL AGUA DE MAR 21

2.2.4 GENERALIDADES DEL CONCRETO 27

2.2.5 ESTADOS DEL CONCRETO 30

2.2.6 COMPONENTES 31

3. OBJETIVOS 32

3.1 OBJETIVO GENERAL 32

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 32

4. METODOLOGIA 33

4.1 RECOLECCION DE LA INFORMACION PRIMARIA 35

4.1.1 TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR 35

4.1.2 DATOS E INFORMACION DE LOS ENSAYOS A LOS CILINDROS DE CONCRETO Y VIGUETAS. 38

4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A ESPECIMENES CON AGUA DE GRIFO O ENSAYOS BLANCOS 49

4.3 RECOLECCION DE LA INFORMACION SECUNDARIA 50

5. RESULTADOS Y DISCUSION 52

5.1 RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS ENSAYOS A LOS ESPECIMENES CON AGUA DE GRIFO O ENSAYOS BLANCOS 52

5.2 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE COMPRESION. 55

5.2.1 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESION A ESPECIMENES DE 4000PSI. 56

5.2.2 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESION A ESPECIMENES DE 3000PSI. 58

5.3 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE TENSION INDIRECTA 60

5.3.1 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE TENSION A ESPECIMENES DE 4000PSI. 61

5.3.2 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE TENSION A ESPECIMENES DE 3000PSI. 63

5.4 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE FLEXION 65

5.4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION PARA 4000PSI 65

5.4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION PARA 3000PSI 66

5.5 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE ASENTAMIENTO 67

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71

6.1 RECOMENDACIONES 72

BIBLIOGRAFIA 73

RESUMEN

La escasez de agua es un tema que preocupa a la comunidad en general, es un tema que aqueja a las personas de todas las razas, edades, etnias y religiones. El afán del siglo XXI ha sido principalmente encontrar maneras de utilizar mejor el recurso hídrico y de explorar nuevas alternativas de uso en todos los ámbitos de la vida.

La construcción es una actividad imperativa de la vida de los seres humanos en el planeta tierra, ya que siempre estamos en busca de la superación personal y de nuestras civilizaciones. Como bien se sabe una de las principales materias primas con la que cuenta la industria de la construcción es el agua, es un bien que usamos en todos los aspectos de esta actividad, desde usarse para limpiar y acondicionar elementos, hasta ser usada para hidratar los granos de concreto que al final son los que pueden dar vida a las grandes construcciones que el hombre ha realizado en la era moderna.

El mar es un gran recurso hídrico con el que cuenta la humanidad, solo que presenta muchos problemas a la hora de ser utilizado, porque debido a su composición química, no es el más adecuado para los usos principales que se le podría dar. Uno de los grandes problemas es que el agua consumible por el ser humano, es decir, el agua dulce, se está agotando. Siendo entonces el agua de mar la llamada a reemplazarla. Si bien no se puede reemplazar del todo debido a que su depuración para que pueda ser consumida por el ser humano es demasiado costosa, haciendo esta alternativa inviable, se podría utilizar para otros ámbitos de la vida como lo es la construcción, a través de unos cambios en su composición química de manera natural que la haría idónea para tal actividad, industria que demanda gran cantidad del preciado líquido.

Por estas razones, esta investigación se centra en poder procesar el agua de mar, para observar su comportamiento al ser introducida a la industria de la construcción, basándose en múltiples ensayos para determinar las características físicas y mecánicas del concreto, actor número uno en la industria de la construcción, como lo son el de resistencia a la compresión, resistencia a la tensión indirecta, flexión y asentamiento. Cada uno con diferentes características que hacen del concreto lo que es.

Luego de haber realizado esta investigación, se pudo concluir que por distintos factores el agua de mar destilada no es del todo viable para la industria de la construcción, debido a que su influencia en

el concreto hace que las características del concreto se vean muy reducidas, pero que si funciona para otro tipo de construcciones menores y sirve para aportar un granito de arena a la falta de agua potable, ya que al ser utilizada, aunque sea mínimamente, se puede optimizar el proceso y llegar a ser una alternativa viable en un futuro cercano.

ABSTRACT

Water scarcity is an issue of concern to the community, it is an issue that afflicts people of all races, ages, ethnicities and religions. The desire of the XXI century has been mainly find ways to make better use of water resources and to explore new alternatives for use in all areas of life.

Construction is a general sphere of life of human beings on earth, as we are always looking for self improvement and our civilizations. As well one of the main raw materials which account the construction industry is water, is a good that we use in all areas of this activity, since used for cleaning and conditioning elements, to be used to hydrate you know the grains concrete at the end are those who can give life to the great buildings that man has done in the modern era.

The sea water is a great resource that has humanity, only presents many problems when being used, because due to its chemical composition, is not the most suitable for the main uses that could give you. One of the big problems is that the water consumable by humans, ie, fresh water is running out. then seawater being called to replace it. While it can not replace entirely because its clearance so it can be consumed by humans it is too expensive, making this viable alternative, it could be used for other areas of life such as the construction industry that demands great amount of the precious liquid.

For these reasons, this research focuses on to process seawater, to observe their behavior when introduced to the construction industry, based on multiple tests to determine the physical and mechanical properties of concrete, actor number one in the industry

construction, as are the compressive strength, resistance to indirect tensile, flexural and settlement. Each with different characteristics that make concrete what it is.

After completing this research, it was concluded that different factors the distilled seawater is not entirely feasible for the construction industry, because their influence on the concrete makes the characteristics of the particular look very small, but if it works for other minor construction and serves to provide a bit of a lack of drinking water, since being used, even minimally, you can optimize the process and become a viable alternative in the future close.

1. INTRODUCCION

La presente investigación se refiere a la influencia del uso agua de mar tratada a través de un destilador solar, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI, que se puede definir como la incidencia que tienen las nuevas opciones en la generación de concreto, en este caso, el agua de mar tratada a través de un destilador solar. La característica principal de esta investigación estuvo basada en la intención de obtener nuevas opciones para la fabricación de concreto. Para ello se usó agua de mar como nuevo agente hidratante, pero luego de haber tenido una transformación a través de un destilador solar, con la intención de remover un gran porcentaje de sulfatos y cloruros, que como bien se sabe son dañinos para el concreto reforzado.

La investigación surgió por el interés que existe de generar nuevas alternativas para la generación de concreto, en aras de aportar soluciones que respondan a la escasez de agua que se avecina por el cambio climático, sin dejar de lado las características técnicas de los materiales, que deben en todo momento, en la medida de lo posible, igualar o superar las características ya establecidas por las normas Colombianas. Es importante agotar todas las ideas en busca de una solución que ayude a controlar el uso del agua y que sea en la medida de lo posible usada para satisfacer las necesidades directas de los seres humanos.

Es importante conocer todos los aspectos de los materiales que son usados en la industria de la construcción, como su composición, sus usos, sus propiedades físicas y químicas, como funcionan, como se comportan frente a todos los esfuerzos a los que se ven sometidos, para así tener una idea amplia de ellos y poder con facilidad pensar en un material que nos sea de ayuda cuando no tengamos acceso a los materiales cotidianos. Esta investigación trató en esencia de eso, como sustituir un material con otro, para las actividades de construcción, sin alterar las propiedades del producto final y así avanzar en las tecnologías de materiales que se pueden usar a futuro y tener una gama más amplia de estos.

La ciudad de Cartagena de Indias en su condición de zona costera sería una de las principales beneficiadas con el proyecto, ideal para el desarrollo de esta temática, ya que con su amplísimo recurso hídrico proveniente del mar caribe se puede trabajar de la mejor manera, además que es la ciudad donde se está generando el estudio y por consiguiente tendría el impacto directo de los resultados que se den, sin dejar de lado todo el conjunto de islas y corregimientos de la ciudad, los cuales tendrían impacto indirecto pero de manera importante ya que serían beneficiarios de esta temática, de tener resultados positivos.

Esta temática también nutre la academia, en desarrollo del campo de la investigación, el cual es de mucho prestigio en la Universidad de Cartagena, y permitió que se siga aumentando el conocimiento que tenemos alrededor de todos los materiales de la construcción. Es importante destacar todo el apoyo por parte del cuerpo de docentes de la Universidad de Cartagena, especialmente los docentes del Programa de Ingeniería Civil que apoyan este tipo de iniciativas y mantienen vivo el espíritu investigativo en nuestra Alma Mater.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ESTADO DEL ARTE

A lo largo del tiempo se han hecho muchas investigaciones que van desde técnicas para desalinizar agua, pasando por usos de diferentes tipos de agua para la creación de nuevo concreto, hasta los efectos que tiene usar agua de mar para las mezclas de concreto, a continuación se muestran algunas de estas investigaciones:

2.1.1 DESALINIZACIÓN DE AGUA EMPLEANDO UN DESTILADOR SOLAR TUBULAR:

Este informe muestra el comportamiento de un destilador solar tubular construido por Suher Carolina Yabroudi, Carmen Cárdenas, Leonardo Aldana, José Nuñez y Lenin Herrera en el año 2011, el cual fue diseñado y operado bajo las condiciones ambientales del estado de Zulia, Venezuela, a fin de estudiar a escala piloto su eficiencia en la desalinización de agua y analizar su factibilidad para ser implementado a gran escala en comunidades rurales con problemas asociados a fuentes de agua salobre y que cuentan con gran potencial de energía solar. Se preparó agua sintética con concentraciones de 3000, 10000 y 30000 mg/lt de cloruros, empleada como alimentación al destilador tubular solar durante 20 días de muestreo para cada concentración, con una duración total en la experimentación de 4 meses. Se realizaron mediciones de volumen, cloruros, temperaturas, radiación solar y solidos disueltos totales tanto para el agua producida como para la alimentación y solución concentrada. El destilador solar tubular diseñado mostró un desempeño favorable para ser operado bajo las condiciones ambientales del sitio del estudio, el estado Zulia, Venezuela, con eficiencias de remoción de cloruros y solidos disueltos totales de 99%, siendo una alternativa simple y

eficiente para ser aplicada en procesos de desalinización de agua e comunidades rurales. (Yabroudi, Cárdenas, Aldana, Núñez, & Herrera, 2011).

2.1.2 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA DESALINIZAR AGUA DE MAR:

Este informe investigativo fue realizado en el año 2012 por Efracio Mamani Flores, en el centro de energías renovables de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann localizada en la ciudad de Tacna, Perú; para llevar a cabo el proceso investigativo ejecutaron a una escala piloto un destilador solar tubular, con el fin de investigar el comportamiento de dicho destilador y las características del agua destilada bajo condiciones de irradiación solar de la ciudad de Tacna, Perú. En esta investigación emplearon agua de mar para evaluar el destilador y realizaron mediciones del volumen de agua destilada, temperaturas, radiación solar global y calidad de agua destilada antes y después de la evaluación. Las conclusiones que los autores muestran en el informe son las siguientes: El destilador solar tubular diseñado, construido y evaluado muestra un desempeño favorable en el proceso experimental que se desarrolló para tratar agua de mar; en el proceso experimental se llegó a determinar la producción de volumen de agua destilada, obteniéndose una producción máxima de 120 ml/día para el mes de mayo con una radiación solar global promedio de 423,8 W/m2, una producción mínima de 45 ml/día para el mes de agosto con una irradiación solar global promedio de 102 W/m2 y una producción media de 63 ml/día para el mes de junio con una irradiación solar global promedio de 305 W/m2. El volumen adecuado para destilar en el DST en tiempos de otoño e invierno es en promedio 100ml/día con una irradiación solar global promedio de 350 W/m2. La calidad del agua destilada que se obtuvo midiendo el pH y la salinidad en los ensayos que se le realizaron a esta; en cuanto a la salinidad, el agua de mar tenía una concentración de 41,6

g.sal/l antes de ser destilada, después de esta queda con un 0,008 g.sal/l y en una segunda evaluación se obtuvo la salinidad de 0,003 g sal /l. Haciendo un análisis de los resultado ellos aseguran la buena calidad del agua destilada y que esta puede ser usada para el consumo poblacional como también para ciertas aplicaciones medicinales. (Mamani Flores, 2012)

2.1.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE 3.000 Y 4.000 PSI CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO DE LA REGIÓN, PREPARADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA EN EL MUNICIPIO DE CALAMAR DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR. (OSCAR IGNACIO ABAD SUAREZ; JORGE ANTONIO TOUS HERNÁNDEZ)(2013)

Esta investigación consistió en la comparación de las resistencias a compresión de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi, fabricados con las diferentes marcas de cemento comercializadas en la región (ARGOS, CEMEX Y HOLCIM) y utilizando el agua del Río Magdalena, para determinar su comportamiento mecánico. Para llevar a cabo este proyecto se elaboraron y ensayaron cilindros de concretos a edades de 7, 14 y 28 días con el fin de analizar los distintos resultados y así poder compararlos con los límites que permite la norma. Antes de esto se realizaron ensayos de laboratorio a los diferentes cementos para verificar sus propiedades físicomecánicas con el fin de identificar si el cemento que se estaba manejando era óptimo para la realización de la mezcla. Al agua se le hicieron estudios físicoquímicos para determinar qué tipo de sustancias o agentes contaminantes se encontraban en está para tener una idea de los efectos que produciría en la resistencia de los cilindros, los agregados se caracterizaron y se determinaron sus propiedades físicas. Seguido a esto se hizo el ensayo de manejabilidad para medir la consistencia del concreto no endurecido, se

fabricaron los cilindros de concreto variando la marca de cemento de acuerdo a unos diseños de mezcla para 3000 y 4000 psi y por último se realizaron los ensayos de resistencia a la comprensión para corroborar si los cilindros llegaban a las resistencias esperadas. Por último en el análisis de resultados que se realizó de la resistencia a la compresión, muestra que la resistencia que se alcanzó de los concretos realizados con el agua del Río Magdalena y diferentes marcas de cemento, están en el rango de 84.01, 81.45 y 81,15% para concretos de 3000 psi y para los de 4000 psi están en el rango de 78.81, 76.33 y 75.58%, con lo anterior se concluye que definitivamente no es prudente el uso del agua del Rio Magdalena para elaborar mezclas concreto, debido a que estos valores se encuentran muy por debajo de los límites que permite la norma y además permite comprender que los cementos utilizados en las mezclas de concreto muestran unas características físicas muy similar, recomendar que se utilice el cemento marca ARGOS, que fue el que menor disminución porcentual alcanzo en la resistencia.

2.1.4 CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA. (LUIS J. ARRAEZ SANCHEZ)(2013)

Esta investigación se realizó con el fin de determinar la correlación existente entre algunos parámetros físico-químicos y la resistencia a compresión del concreto elaborado con agua del rio Magdalena, a su vez establecer si dicha agua es apta para la elaboración de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi. Este aporte se realiza a través de la evaluación de los efectos causados sobre las propiedades de manejabilidad y resistencia mecánica de mezclas de concreto hidráulico. En primer lugar se le realizó un análisis químico al agua extraída del rio Magdalena para determinar algunas sustancias o impurezas que se encuentran presentes en el agua. Se realizó un análisis fisicoquímico a los agregados provenientes de canteras locales, luego se procedió a realizar

los diseños de mezclas y la elaboración de cilindros de concreto a edades de 7 y 28 días; utilizando dos tipos de agua: agua potable y agua de rio, realizando los diferentes ensayos establecidos para las propiedades descritas, y comparando los resultados por medio de la norma NSR 10. Los resultados mostraron que al momento de utilizar agua potable las diferentes resistencias adquiridas estaban cerca del 97% al 98% de las establecidas en las diferentes normas utilizadas; en cambio al utilizar el agua proveniente del rio se notó que las propiedades se encontraban en un rango entre el 66% al 80%, estos últimos son considerados intolerables según los límites establecidos en las normas, lo que permite concluir que no es conveniente la utilización de este tipo de agua proveniente del rio en la fabricación de elementos estructurales. Luego del análisis físico-químico hecho por el laboratorio, donde se analizaron algunas impurezas presentes dentro del agua de rio Magdalena se concluye que no existe correlación alguna entre los parámetros observados en este proyecto y la resistencia adquirida en concretos de 3000 y 4000 psi.

2.1.5 RENDIMIENTO DE AGUA DE MAR MEZCLADA CONCRETO EN EL ENTORNO DE LAS MAREAS. (TAREK UDDIN MOHAMMED, , HIDENORI HAMADA, TORU YAMAJI)(2003)

Resistencia a la compresión, la mineralogía, cloruro de entrada, y la corrosión de barras de acero embebidas en el concreto hecho con agua de mar y agua del grifo se resumen aquí basado en las diversas investigaciones de exposición a largo plazo bajo ambiente de marea. El agua de mar mezclada con concreto muestra a principios de ganancia de resistencia. Después de 20 años de exposición, no hay diferencia significativa en la resistencia a la compresión del hormigón entre el hormigón mezclado con agua de mar y agua del grifo. La cantidad inicial de cloruro (debido a la utilización de agua de mar) puede causar la iniciación de la corrosión en las barras de acero que tiene y produce

huecos en la interface acero-hormigón inmediatamente después de la colada de hormigón.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 GENERALIDADES Y PROPIEDADES DEL AGUA

Sin duda alguna, el agua es uno de los recursos más abundantes en este planeta, puesto que tres cuartas partes de la superficie se encuentra cubierta con este compuesto. A pesar de esta aparente abundancia, solamente un 3% del total es agua dulce y, la mayor parte de ésta, es difícil de aprovechar por encontrarse inmovilizada en glaciares, témpanos de hielo, nieves perpetuas o almacenada a grandes profundidades; además, el agua dulce superficial apenas representa el 0.3% del agua. El agua esconsiderada un recurso renovable pues se recicla naturalmente por medio del ciclo hidrológico, sin embargo, debido al bajo porcentaje de agua dulce existente y a los cada vez más intensos procesos de contaminación, este recurso puede ser considerado de alta vulnerabilidad. A lo anterior hay que sumarle que la distribución del agua en el planeta no es homogénea. Por ejemplo, mientras Canadá dispone de 109.000 m^3 de agua por habitante al año, en regiones como Medio Oriente, nueve de catorce países cuentan con menos 1.000 m^3 de agua por habitante al año, lo que los coloca en países con escasez de este recurso (IDEAM, 2001).

Para el caso colombiano, la ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático han determinado que el país posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo, al igual que el panorama mundial, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país y, además, está sometida a fuertes variaciones que determinan la disponibilidad del recurso hídrico; razones por las cuales en el territorio continental de Colombia se presentan desde zonas deficitarias de agua, hasta

aquéllas con grandes excedentes, que someten a importantes áreas del país a inundaciones periódicas de duración considerable (IDEAM, 2001).

La riqueza hídrica colombiana se expresa al tener una rica y compleja red fluvial mayor de 18.000 km, conformada por 4 de las 214 grandes cuencas mundiales de más de 100.000 km^2 (ríos Magdalena, Caquetá, Guaviare y Meta), integrada con tres cuencas con áreas de drenaje entre 50.000 y 100.000 km^2 (ríos Inírida, Cauca y Putumayo) y más de 700.000 microcuencas con áreas menores de 10 km^2. Esta riqueza de aguas superficiales se complementa con las favorables condiciones de almacenamiento de aguas subterráneas (con unas reservas estimadas totales de 140.879 km^3) y 1.600 cuerpos lénticos de agua (entre lagos, lagunas, embalses, ciénagas, humedales y pantanos) (IDEAM, 2001). Esta oferta hídrica se aprovecha de diferentes formas por parte de la sociedad. Algunos de los usos más comunes se sintetizan en la Figura 1.

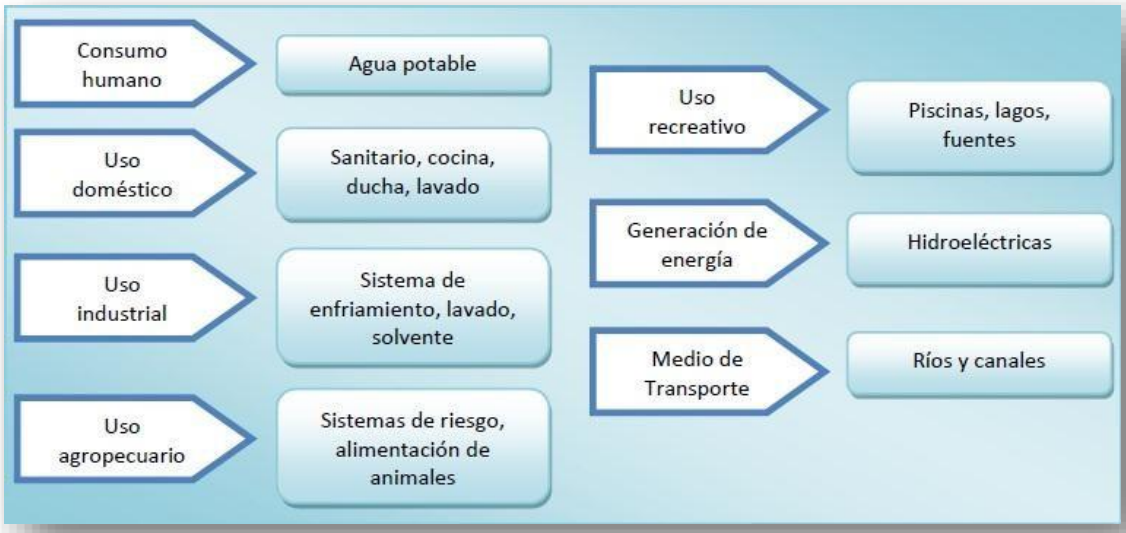

Figura 1. Usos del agua *(UNAD)(2010)*

Para garantizar el suministro de agua, la sociedad ha recurrido a varias estrategias que le permite controlar y acceder a este recurso. En el Cuadro 1 se presentan algunas formas de suministro de agua. El agua, señalado de ser el disolvente universal, es una molécula de naturaleza inorgánica compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, gracias a la cual ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo. Vale la pena mencionar que el 75 % del cuerpo de los seres vivos está constituido por agua. Ahora bien, antes de caracterizar los Procesos de contaminación del agua, es necesario conocer algunas propiedades de esta molécula, por ello, en la figura 2 se describen sus principales parámetros fisicoquímicos.

Opciones de suministro	**Característica**
Presas y embalses	Son los medios más antiguos para controlar el flujo de agua. También se aprovechan en procesos de generación de energía, control de crecidas y recreación. Su principal desventaja es la pérdida de extensas áreas superficiales y disminución de caudal de cuerpos de agua
Desviaciones de corrientes de agua	Garantizan el suministro de agua para poblaciones relativamente extensas, sin embargo generan un fuerte impacto sobre los ecosistemas que ya no estará en contacto con el agua.
Aguas subterráneas	Es una buena opción para áreas carentes de redes de acueductos. El agua extraída de los acuíferos por lo general presenta una buena calidad, pero su sobreexplotación puede poner en riesgo su disponibilidad.
Desalinización	Este proceso de extracción de las sales disueltas en el agua (a través de ósmosis inversa, por ejemplo) es una posibilidad para las regiones costeras y países áridos. Su mayor desventaja está en los altos costos y la alta demanda de energía
Uso de *icebergs*	En algunas regiones del planeta se ha optado por este suministro de agua, pero su gran desventaja son los impactos ambientales que esto conlleva
Agua lluvia	En algunas islas y zonas alejadas, el agua lluvia es utilizada para su aprovechamiento. Su mayor ventaja es la gratuidad del acceso y su desventaja está en la calidad del recurso e incertidumbre en los periodos secos.

Figura 2. Sistemas de suministro de agua *(Henry & Heinke (1999))*

Parámetro		**Descripción**
Fisicoquímicas	*Acción disolvente*	Es el líquido que más sustancias disuelve debido a su capacidad de formar puentes de hidrógeno con otras, de tal forma que éstas se disuelven cuando interaccionan con las moléculas polares del agua. Gracias a esta propiedad se lleva a cabo el transporte en el interior de los seres vivos y su intercambio con el medio externo, facilitando el aporte de sustancias nutritivas y la eliminación de productos de desecho.
	Fuerza de cohesión	Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi imposible de comprimir
	Elevada fuerza de adhesión	Esta fuerza también está relacionada con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares, y es responsable del llamado fenómeno de la capilaridad.
	Gran calor específico	El agua absorbe grandes cantidades de calor que utiliza para romper puentes de hidrógeno. Su temperatura desciende más lentamente que la de otros líquidos, lo que permite al citoplasma acuoso servir de protección para las moléculas orgánicas en los cambios bruscos de temperatura.
	Elevado calor de vaporización	Para su evaporación, primero hay que romper los puentes de hidrógeno y luego dotar a las moléculas de agua de la suficiente energía cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Debido a esta propiedad el agua actúa como un refrigerante.
	Constante dieléctrica	Esta propiedad permite la disociación de la mayoría de las sales inorgánicas y permite que las disoluciones puedan conducir la electricidad.
	Bajo grado de ionización	La mayor parte de las moléculas de agua no están disociadas. Sólo un reducido número de moléculas sufre disociación, generando iones positivos (H^+) e iones negativos (OH^-). Por esto, si al agua se le añade un ácido o una base, aunque sea en poca cantidad, estos niveles varían bruscamente.
Organolépticas	El agua pura es incolora, inodora e insípida. No obstante, en el ambiente presenta propiedades específicas a los órganos de los sentidos. Estas propiedades se denominan propiedades organolépticas y afectan el gusto, el olor, el aspecto y el tacto. Dentro de estas propiedades se tiene: temperatura, sabor, olor, color y turbidez.	

Figura 3. Parámetros fisicoquímicos *(UNAD)(2010)*

2.2.2 DESALINIZACIÓN

La desalinización, también conocida como desalación, es el proceso por el cual el agua de mar, que contiene 35 000 ppm (partes por millón) del total de sólidos disueltos (T.S.D.), y las aguas salobres, que contienen de 5 000 a 10000 ppm del T.S.D., se convierten en agua apta para el consumo del hombre, uso doméstico y utilización industrial.

Los estándares para el agua dulce pueden variar en cada país; sin embargo, el estándar empleado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la define como una solución acuosa que contiene menos de 500 ppm del T.S.D. La definición de agua potable sería básicamente la misma, agregándole las siguientes cualidades: inodora, incolora, insípida y finalmente libre de bacterias contaminantes.

El grado de salinidad puede variar en los diferentes océanos, pero las proporciones relativas de los principales constituyentes son las mismas.

Cuando se desaliniza el agua con el fin de utilizarla para beber, la sal contenida en el agua resultante del proceso no debe exceder de 500 ppm; cuando el abastecimiento de aguade esta calidad es insuficiente, la desalinización constituye una alternativa del transporte de agua potable desde grandes distancias mediante conducciones o vehículos cisterna.

Historia de la desalinización quizá la más antigua referencia que existe sobre la desalación del agua de mar es el relato que aparece en la Biblia (Éxodo, capítulo 15, versículo 22-25): «Al mando de Moisés, los hijos de Israel partieron del mar Rojo. Avanzaron hacia el desierto del Sur y marcharon por él tres días sin hallar agua. Llegaron a Mara, pero no podían beber el agua por ser amarga [por eso se dio a este lugar el nombre de Mara]. El pueblo

murmuraba contra Moisés, diciendo: ¿Qué vamos a beber? Moisés clamó a Yavé, que le indicó un madero que él echó en el agua, y esta se volvió dulce».

Referencias más concretas se encuentran ya en Tales de Mileto (624-547 a.C.) y Demócrito (460?-370? a.C.), quienes sugirieron que el agua dulce se obtenía por filtración del agua de mar a través de la tierra. Aristóteles (384322 a.C.) abordó en sus obras diversos aspectos del problema del agua; discutió acerca de la naturaleza y propiedades del agua de mar y la posibilidad de su desalación. Plinio (23-79 d.C.),en su gran enciclopedia sobre historia natural describe varios métodos para desalar agua. Alejandro de Afrodisias (193-217 d.C.), al comentar la Meteorológica de Aristóteles, describe por primera vez el procedimiento de destilación como método de obtención de agua dulce a partir de agua de mar En la Edad Media varios autores trataron el problema de la desalación del agua de mar, entre los que se puede citar a John Gaddesd en (1280-1361), que en su obra Rosa medicine describe cuatro métodos para la desalación del agua de mar.

En la Edad Moderna se multiplican las observaciones científicas debido a los descubrimientos geográficos, la expansión del comercio y los largos viajes a través de los mares. Ello implica un nuevo avance en el problema de la desalación del agua, especialmente en lo que se refiere al abastecimiento de las tripulaciones de los buques. Andrés Laguna (1499-1560), médico personal del rey de España, Carlos I, en sus comentarios escritos sobre la materia médica, de Dioscórides, cita diferentes métodos de desalación. Giovan Battista Della (1535-1615) publicó en 1589 la segunda edición de su Magia en aturalis en veinte tomos y en el último describe los métodos de obtención de agua dulce a partir de agua salina conocidos en la época. Este autor tiene el mérito de haber hecho un estudio crítico de dichos métodos y comprobar experimentalmente algunos.

A comienzos del siglo XIX ya eran conocidos los principios de los métodos de desalación que podemos llamar naturales, concretamente la evaporación solar, la destilación y la congelación. El uso industrial de estos principios tuvo en cambio un lento desarrollo, excepto en las instalaciones de destilación para barcos, cuyo crecimiento fue relativamente rápido. La destilación tuvo un primer impulso de desarrollo en el año 1884, cuando James Weir creó, con destino a barcos, una planta de evaporación que utilizaba la energía residual del vapor de salida de la caldera. Desde 1884 hasta 1956 el tipo de destilación de tubos sumergidos sirvió de base a la mayoría de las instalaciones marinas de esta naturaleza, y en la época final a instalaciones terrestres.

Las primeras instalaciones de tipo invernadero destilador, de las que se tiene noticias, son una en Egipto, instalada en 1912, cuya producción era de 75 m3/día; otra en Stears, Kentucky (Estados Unidos), montada en 1917 con una producción de 150 m3/día, y otras en las islas de Aruba y Curazao, de 6 500 m3/día, instaladas en el período 1956-1958. Fue precisamente el aumento de capacidad de estas plantas terrestres lo que llevó al abandono del principio de tubos sumergidos, ya que el sistema era difícilmente adaptable a capacidades mayores. El desarrollo de la evaporación súbita se inicia con el fin de las instalaciones de tubos sumergidos, a las que prácticamente viene a sustituir. El punto de comienzo de la era industrial de la evaporación súbita se puede enmarcar en 1956, en que la compañía Westinghouse comenzó la instalación en Kuwait de una planta de 2 273 m3/día. Aunque se ha clasificado el procedimiento de congelación como uno de los de base natural, pues entre los esquimales es la forma habitual de obtención de agua, la realidad es que no se desarrolló sino mediante estudios de laboratorio independientes de dichas condiciones naturales. El desarrollo industrial de este método tiene su iniciación en los últimos años de la década de los cincuenta. Los sistemas de compresión de vapor y de tubos verticales largos pueden considerarse variaciones de los métodos básicos de destilación. El nacimiento de su

desarrollo coincide también con la década de los años cincuenta. El empleo de los sistemas de membranas se inicia a partir de los estudios en laboratorios sobre la naturaleza y comportamiento de aquellas, con los trabajos realizados sobre membranas fabricadas con resinas por Juda y Kressman en 1949, aunque las propiedades de semipermeabilidad y selectividad eran conocidas desde principios del siglo XIX.

Las primeras instalaciones de tipo industrial se reportan a partir de 1950. Los sistemas de intercambio de iones eran conocidos desde el siglo xix, aplicados en multitud de industrias químicas y para desmineralizar aguas que no tuvieran más de 1,5 g/L de sales disueltas; sin embargo, su desarrollo comienza en la década de 1950.La desalación ha contado con una larga prehistoria de ideas y mitos, y una historia inferior a un siglo de realizaciones prácticas.

2.2.3 GENERALIDADES DEL AGUA DE MAR

El agua del mar es una solución de sales, por lo que sus propiedades físicas son muy diferentes de las del agua dulce y varían de acuerdo con la cantidad de sales que contenga. Por la gran complejidad que presenta el agua del mar en su composición, y debido a su riqueza en seres vivos, sustancias inorgánicas en suspensión y gases disueltos, algunos autores la describen como "una sopa turbia de seres vivos.

Las propiedades físicas del agua del mar se pueden dividir en: térmicas, mecánicas, eléctricas, acústicas, ópticas y radiactivas.

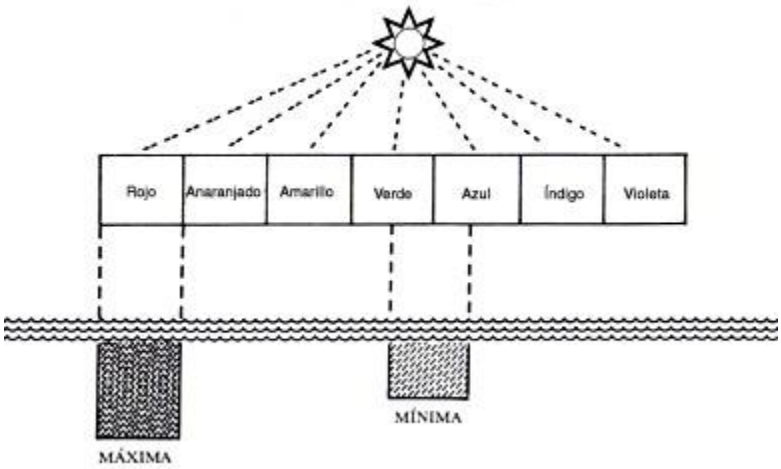

Figura 4. Absorción de la luz en el agua de mar. *(Cifuentes, Tores-garcia, Frias M.)(1995)*

2.2.3.1 PROPIEDADES TERMICAS:

Las propiedades térmicas del agua del mar dependen del calor que absorbe de las radiaciones energéticas que recibe del Sol, así como de la cantidad de calor que posteriormente el mar regresa a la atmósfera. Por lo tanto, el balance térmico del océano se establece por la diferencia entre el calor ganado y el perdido, y este balance es casi estacionario en el océano en su conjunto, aunque puede variar en algunos mares en especial, según las diferentes latitudes donde se encuentran en el planeta: es mayor la absorción de calor en bajas latitudes y mayor la pérdida en las altas. Las características térmicas del agua del mar influyen sobre otras de sus propiedades, y se puede destacar que la temperatura interviene directamente en el establecimiento de la distribución de las masas de agua en el océano, por cambios de la densidad, disponiéndose las menos densas y calientes arriba y las más densas y frías abajo.

Otro ejemplo de la relación de la temperatura con las características del océano consiste en que las sales disueltas en el agua del mar hacen descender su temperatura de congelación, evitando que una gran parte de

ella, cuya temperatura es inferior a 0ºC, se congele y pase al estado sólido, y gracias a esto se van llenando poco a poco las cuencas oceánicas.

También el conocimiento del balance térmico en el mar permite entender la distribución de las comunidades de organismos tanto en las aguas someras como en las profundidades. Los organismos pueden ser euritermos (los que pueden vivir dentro de unos límites amplios de temperatura)) estenotermos (los que sólo pueden tolerar una variación muy limitada de temperatura).

2.2.3.2 PROPIEDADES MECANICAS:

Las características *mecánicas* del océano están determinadas por la salinidad, y son la densidad y la presión.

La *salinidad* está dada, principalmente, por los cloruros, sulfatos y carbonatos que se encuentran disueltos en el agua del mar, y su distribución no es uniforme ni constante, varía de un lugar a otro, tanto en dirección horizontal, como en vertical, e incluso sufre oscilaciones en un mismo punto del océano, con el transcurso del tiempo. El factor fundamental que determina las variaciones de salinidad en un área marítima concreta es la pérdida o ganancia de agua.

La *densidad* del agua del mar consiste en su peso derivado de la cantidad de masa de sales por unidad de volumen de agua, por lo que es directamente proporcional a su salinidad, ya que a mayor cantidad de sales, existe una masa superior por unidad de volumen de agua; encambio, es inversamente proporcional a la temperatura siendo, a mayor temperatura, la densidad menor.

La densidad también puede variar con la profundidad, por lo que se encuentra una estratificación del agua del mar, es decir, se presenta una separación horizontal de las capas de agua de diferente densidad. Si la

densidad aumenta con la profundidad, la estratificación será estable debido a que las capas más pesadas quedan en el fondo; pero si disminuye con la profundidad, la estratificación será inestable, y puede cambiar totalmente por los movimientos del océano al hundirse las capas pesadas que están en la superficie.

La *presión* es producida por el peso de la columna de agua que gravita sobre una superficie situada a una determinada profundidad, más la presión atmosférica que actúa sobre la superficie del mar. La presión se mide en el mar mediante aparatos llamados nanómetros, que son de muy diversos tipos.

La relación entre estas dos propiedades físicas, densidad y presión, así como su distribución, tiene gran significado en oceanografía física, porque al combinarse con el movimiento de rotación de la Tierra determinan la configuración de las principales corrientes del océano.

2.2.3.3 PROPIEDADES ELECTRICAS

Las propiedades *eléctricas* del agua del mar consisten en que este medio es conductor de la electricidad, debido a que las moléculas de las sales se disocian en iones positivos y negativos, que al estar sometidos a un campo eléctrico se desplazan en sentido contrario produciendo corrientes. Esta propiedad sirve para medir, con mayor precisión, la salinidad del océano.

2.2.3.4 PROPIEDADES ACUSTICAS:

El estudio de las características *acústicas* del agua oceánica es de gran importancia, ya que las ondas sonoras y ultrasonoras penetran desde la superficie del mar hasta grandes profundidades, al contrario de la luz solar, que sólo lo hace a 200 metros de profundidad, y de las ondas de radio, que también son absorbidas rápidamente; por lo tanto, la comunicación y el

conocimiento submarino tienen que realizarse utilizando las propiedades acústicas del mar.

Con base en estos conocimientos se han diseñado métodos y aparatos muy diversos como los hidrófonos, aparatos simples que recogen los sonidos del mar producidos por los fenómenos físicos propios del agua, los organismos marinos que la habitan y las embarcaciones o artefactos utilizados por el hombre.

Otros aparatos acústicos son las sondas acústicas o ecosondas y el sonar, que registran las ondas sonoras y ultrasonoras, permitiendo conocer la profundidad del fondo, su naturaleza y configuración; también localizar los bancos de peces, medir su tamaño y calcular la posible captura; asimismo, situar a otros barcos en la superficie, a los submarinos y otros objetos sumergidos.

Es notable la diferencia de intensidad del sonido que se escucha al hacer chocar entre sí dos piedras en el aire o dentro del mar, esta diferencia se debe a la velocidad de propagación que tiene el sonido de ambos medios. En el aire la velocidad media es de 333 metros por segundo, mientras que en el agua es mucho mayor: alcanza de 1400 a 1600 metros por segundo; el margen que se presenta en ese último caso lo originan las variaciones de salinidad, temperatura y presión del agua del mar, y por lo tanto, para calcular la velocidad del sonido en un lugar dado del océano, se tienen que medir también estas características.

2.2.3.5 PROPIEDADES OPTICAS

Las características *ópticas* se producen debido a que el agua del mar presenta cierta transparencia, es decir, la posibilidad de dejar pasar la luz, transparencia que cambia conforme aumenta la profundidad, debido a que esta luz sufre fenómenos de reflexión y refracción.

La luz que penetra en el océano es indispensable para que tengan lugar los fenómenos de fotosíntesis en el interior de las aguas marinas, es decir, la captación de la energía solar para la elaboración de la sustancia orgánica que será el alimento de los vegetales, los animales y el hombre.

2.2.3.6 PROPIEDADES RADIACTIVAS:

Las radiaciones que forman la luz son absorbidas por el agua del mar y le transmiten calor. Esta absorción es selectiva y depende de la longitud de onda de la radiación. Dentro del espectro visible, la absorción es máxima para el rojo y mínima para el azul-verde. La infrarroja transporta la mayor parte de la energía calorífica, y se absorbe prácticamente en el primer metro de agua.

El calor del mar depende de esta selectividad de sus aguas para absorber y dispersar la luz. Así el color azul intenso de algunas zonas océanicas se debe a la ausencia de partículas en suspensión, mientras que en las aguas costeras predomina el color verde, por la abundancia de partículas nutritivas y de pequeños organismos que forman el plancton.

Clásicamente, la transparencia del mar se mide usando un disco blanco de 30 centímetros de diámetro, llamado "Disco de Secchi", y la transparencia media del agua oscila entre 1 y 66 metros de profundidad. Se ha comprobado que la transparencia es mayor para las aguas oceánicas que para las costas, en las que varía mucho con las partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión. En algunos mares, las partículas en suspensión les pueden dar tonalidades variadas como la roja; éste es el caso del Golfo de California en México, al que se le ha llamado Mar Bermejo por la coloración que presenta.

También la agitación de las aguas, la nubosidad y el color del cielo pueden influir en las aguas de los mares.

Se pueden diferenciar dos tipos de *radioactividad* en los mares; la que se produce de manera natural en ellos, y la que el hombre ha introducido a los océanos al usar la energía atómica.

Una radiactividad mayor que la existente en la masa líquida se encuentra en los sedimentos marinos, sobre todo en los de las cuencas oceánicas. Se cree que estas cuencas pueden ser grandes yacimientos de materiales radiactivos, ya que uno de los elementos más abundantes en sus sedimentos es el torio.

La radiactividad producida por el hombre se deriva fundamentalmente de subproductos de explosiones atómicas, desperdicios de los reactores nucleares y por los derrames del agua de enfriamiento de estos reactores. El hombre, por desgracia, ha pensado que la inmensidad del océano le permite usarlo como basurero; pero los desperdicios atómicos constituyen un peligro potencial para la flora y fauna marinas y mientras no se conozca a fondo la dinámica del océano, no debe hacerse este depósito porque se pondría en peligro el futuro de la humanidad al destruir una fuente de riqueza alimenticia como es el océano.

2.2.4 GENERALIDADES DEL CONCRETO

2.2.4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

El concreto (u hormigón) es un material compuesto que está formado por grava (agregado grueso), arena (agregado fino), cemento Portland hidratado y, en la mayoría de los casos, de huecos (Negrete y Agustín, 2005).

Las características del concreto de cemento Portland pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio puede poseer alta

resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña (Merrit, 1992).

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento se obtiene de la pulverización del clínker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión insipiente de materiales calcáreos y arcillosos. El agregado fino o arena debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas (Teodoro E. Harmsen, 2005).

El agregado grueso o piedra está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o vacimientos naturales. El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para manejar la trabajabilidad de la mezcla (Teodoro E. Harmsen, 2005).

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca (Kosmatka y Panarese, 1992).

2.2.4.2 TRABAJABILIDAD: La trabajabilidad es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. En la prueba de revenimiento se coloca un espécimen o probeta de la mezcla en un molde de forma troncocónica, de 12 pulg de altura, con base de 8 pulg y parte superior de 4 pulg de diámetro. (Especificación ASTM C 143.) Cuando se quita el molde se mide el

cambio en la altura de la probeta. Cuando la prueba se efectúa de acuerdo con la especificación ASTM, el cambio en la altura se considera como revenimiento (Troxell, et. al., 1968). Trabajabilidad es la facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente (Kosmatka y Panarese, 1992).

2.2.4.3 DURABILIDAD*:* La durabilidad es otra importante propiedad del concreto. El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación (Troxell, et. al., 1968).

2.2.4.4 IMPERMEABILIDAD: La impermeabilidad es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectados, el agua puede penetrar o atravesar el concreto (Troxell, et. al., 1968).

2.2.4.5 CAMBIO DE VOLUMEN*:* El cambio en volumen es otra característica del concreto que se debe tener en cuenta. La expansión debida a las reacciones químicas entre los ingredientes del concreto puede ocasionar pandeo y la contracción al secarse puede ocasionar grietas (Waddell, 1968).

2.2.4.6 RESISTENCIA: La resistencia es una propiedad del concreto que, que casi siempre, es nativo de preocupación. Por lo general, se determina por

la resistencia final de una probeta en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o de tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad (Waddell, 1968). Resistencia a la compresión se define como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo f'c (Kosmatka y Panarese, 1992).

2.2.4.7 ESCURRIMIENTO PLASTICO: El escurrimiento plástico es una deformación que ocurre con carga constante durante largo tiempo. La deformación del concreto continúa, pero con una rapidez que disminuye con el tiempo. Es, más o menos, proporcional al esfuerzo con cargas de trabajo y aumenta cuando se incrementa la proporción agua-cemento; disminuye cuando aumenta la humedad relativa (Orchad, et. al., 1976).

2.2.4.8 PERMEABILIDAD: La Permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (Kosmatka y Panarese, 1992).

2.2.5 ESTADOS DEL CONCRETO

2.2.5.1 ESTADO FRESCO: Al principio el concreto parece una "masa". Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad.

2.2.5.2 ESTADO FRAGUADO: Después, el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no esta blando, se conoce como FRAGUADO del concreto El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado.

2.2.5.3 ESTADO ENDURECIDO: Después de que concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.

2.2.6 COMPONENTES

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. (Steven, 1992)

2.2.6.1 CEMENTO*:* Los cementos hidráulicos son aquellos que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

2.2.6.2 AGUA: Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes.

2.2.6.3 *AGREGADOS*: Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida.

2.2.6.4 ***ADITIVOS*:** Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción. (Jaime, 1997)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del uso agua de mar tratada a través de un destilador solar en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI, a través de ensayos y pruebas de laboratorio con el fin de aportar al desarrollo sostenible de las poblaciones costeras.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1 Caracterizar muestras de agua de mar tratada a través de un destilador solar para conocer sus propiedades físicas y químicas.

3.2.2 Realizar ensayos de resistencia a la compresión, tracción directa, flexión y slump a especímenes de concreto, usando agua de mar tratada a través de un destilador solar para resistencias de 3000PSI y 4000PSI

3.2.3 Realizar ensayos de resistencia a la compresión, tracción directa, flexión y slump a especímenes de concreto usando agua del grifo para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI

3.2.4 Analizar y comparar resultados de los ensayos de resistencia realizados para el agua de mar tratada y el agua de grifo

4. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se realizaron las siguientes actividades que se describen a continuación:

- Recopilar información sobre las diferentes metodologías utilizadas para el desarrollo de procesos de desalinización, y sobre los diferentes usos del agua para elaboración de concreto.

- Recolección de las muestras de agua para someterlas al proceso de destilación, a través de un destilador solar.

- Suministro del agua de mar al destilador solar para su destilación durante aproximadamente 14 semanas.

- Creación de los especímenes de concreto con agua de mar destilada de 3000PSI y 4000PSI para ser ensayados.

- Ensayo de los especímenes anteriormente mencionados y recolección de la información obtenida de dichos ensayos.

Estas actividades descritas en forma general son las que fueron dispuestas para la ejecución total del proyecto, se hicieron todos los ensayos de manera satisfactoria y se cumplió con todas las especificaciones tenidas en cuenta en los objetivos del proyecto para tener los resultados de manera precisa y eficaz. Lo que se muestra a continuación son todos los datos recolectados de manera directa por el investigador y el análisis de resultados se verá más adelante en esta investigación.

Esta investigación estuvo enfocada en como promover las nuevas alternativas que se pueden dar en nuestra ciudad en cuanto a ahorro de agua y del buen uso de la misma. Es importante conocer de primera mano que esta investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del uso agua de mar tratada a través de un destilador solar en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI, a través de ensayos y pruebas de laboratorio con el fin de aportar al desarrollo sostenible de las poblaciones costeras, con el fin de determinar la viabilidad de esta idea para que así pueda ser de mucho uso en nuestra ciudad.

El proceso de recolección de la información se dio en varios pasos, primero que todo se investigó en las fuentes de la Universidad todo lo relacionado con esta temática, para así tener amplio conocimiento de todas las investigaciones previamente realizadas e ir más allá en aras de ampliar la información que se posee. Esta investigación por ser de carácter experimental, la mayoría de los resultados fueron obtenidos de manera experimental y por observación directa del investigador.

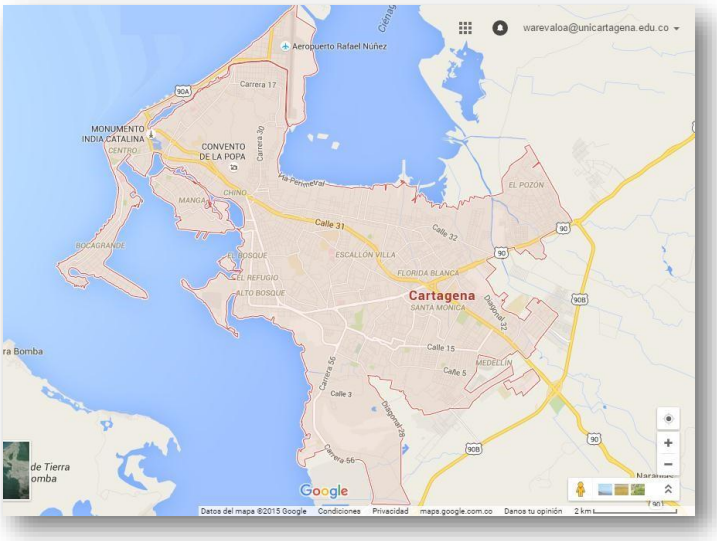

Imagen 1. Mapa de Cartagena. Fuente: Google Maps.

La ciudad de Cartagena de Indias fue el escenario donde se realizaron todas las actividades relacionadas con el proyecto de investigación, más exactamente en la Universidad de Cartagena sede Piedra de Bolívar. Siendo un escenario ideal ya que su posición geográfica la hace perfecta para el proyecto. Durante el primer periodo académico del 2016, en los meses comprendidos entre febrero y junio se realizaron todas las actividades propuestas para completar de manera satisfactoria el proyecto de investigación.

Cabe resaltar que las condiciones climáticas en el año 2016 fueron óptimas para la realización del proyecto, ya que según las predicciones climáticas de la CIOH, la intensidad solar durante los meses de la investigación fue del más alto nivel, lo cual fue vital para que el destilador solar funcionara a plenitud.

4.1 RECOLECCION DE LA INFORMACION PRIMARIA

4.1.1 TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR

Al empezar el proyecto de investigación, lo primero que se hizo fue adecuar el prototipo de destilador solar, que está en las instalaciones de la Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar, en la azotea del edificio de laboratorios. En esta etapa se hizo mantenimiento y limpieza del equipo para su correcto funcionamiento, además de esto se le hicieron unas adecuaciones técnicas al equipo, debido a su desuso se había desajustado y no estaba dando el rendimiento requerido para la investigación.

Se inició con una cuota de 100 litros de agua de mar para empezar el proceso. Se escogió agua del mar caribe, más exactamente de las playas de bocagrande, la cual es extrajo de una distancia de la orilla de aproximadamente 15 metros, esto con el fin de que dicha agua estuviera libre de algún porcentaje de arena, que es mayor a las orillas del mar, y de otros agentes de gran diámetro que afectaran el proceso de obtención de muestras, que fue en todo momento de la mejor calidad posible en aras de conseguir resultados lo menos alterados posibles.

Imagen 2. Destilador solar y muestras de agua de mar. Fuente: Autor

Las muestras fueron sometidas al proceso de destilación durante 14 semanas, las cuales se utilizaron 40 litros de agua. Es menester resaltar que fue un proceso lento, pero como es un modelo a escala el prototipo de destilador fue solamente usado con fines académicos. Durante las 8 semanas se recogió un promedio de 255 ml/dia para un total de aproximadamente 25 litros de agua destilada. Las condiciones climáticas del año también fueron de mucha ayuda, que al encontrarnos en el fenómeno del niño las lluvias fueron pocas, casi que nulas en el primer semestre del año 2016 y esto permitió obtener la cantidad de agua deseada para ejecutar el proyecto.

Imagen 3. Cantidad de agua de mar destilada. Fuente: Autor

Luego de terminar el proceso de destilación del agua de mar, esta fue sometida a ensayos de laboratorio para su caracterización. La totalidad del agua de mar no fue destilada debido a que el proceso fue lento y solo se pudieron utilizar 40 litros, de los cuales se obtuvieron 25 litros aproximadamente y quedaron 15 litros aproximadamente en el prototipo de destilador solar, añadiendo que luego del proceso de destilación de los 25 litros, se separó una gran cantidad de sal marina quedando atrapada en el prototipo de destilador solar. Las pruebas que se le hicieron a las muestras de agua de mar destilada en el laboratorio fueron: pH, Salinidad, Color, Turbiedad, Conductividad, para conocer su composición química y física.

CARACTERIZACION DEL AGUA DE MAR DESTILADA

MUESTRA	PH	COLOR	SALINIDAD	TURBIEDAD	CONDUCTIVIDAD
Agua Destilada	7.40 UpH	<6 UC	< 1	1,56 UNT	423 µS/cm

Tabla 1. Caracterización del agua de mar destilada. Fuente: Autor

Obtenidos los resultados de la caracterización del agua, se puede concluir que el prototipo de destilador solar funciona, porque todas las mediciones están por debajo de las exigidas en la resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

Estos ensayos fueron realizados en las instalaciones de la Universidad de Cartagena, sede Zaragocilla, que es donde se encuentra el laboratorio de Saneamiento Ambiental, el cual cuenta con todos los instrumentos certificados para la realización de dichas pruebas.

4.1.2 DATOS E INFORMACION DE LOS ENSAYOS A LOS CILINDROS DE CONCRETO Y VIGUETAS.

4.1.2.1 DISEÑO DE MEZCLA.

El diseño de mezcla estuvo basado en dos aspectos fundamentales: la manejabilidad en estado fresco, la resistencia en estado de compresión. Al momento de poner en marcha cualquier tipo de proyecto de construcción se debe tener claro que tipo de estructura se utilizara y cuál debe ser la resistencia del concreto con el cual será construida dicha estructura. Dicho esto es necesario saber qué tipo de materiales se utilizaran y cuáles son las características que este material posee para poder lograr el objetivo deseado, que en este caso será la resistencia del concreto y su durabilidad. El objetivo principal de esta investigación está basado en

reemplazar uno de los materiales principales en la mezcla de concreto como lo es el agua, por agua de mar destilada y ver qué cambios trae consigo esta nueva forma de hacer concreto. Por lo tanto se escogió un diseño de mezcla que tenía como agente hidratante el agua potable, y solo se reemplazó con el agua de mar destilada para poder analizar con más precisión la influencia que tiene este nuevo agente hidratante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

TABLA DE DOSIFICACION / 1 M3 DE CONCRETO									
MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Fc)			CEMENTO		ARENA (m3)	GRAVILLA (m3)	LITROS DE AGUA	
	Kg/cm2	PSI	MPa	KILOS	BULTOS			AGREGADO HUMEDO	AGREGADO SECO
1:2:2	280	4000	27	420	8.5	0.67	0.67	180	200
1:2:2 1/2	249	3555	24	380	7.5	0.6	0.76	170	190
1:2:3	226	3224	22	350	7	0.55	0.84	160	180
1:2:3 1/2	210	3000	20	320	6.5	0.52	0.9	160	180
1:2:4	200	2850	19	300	6	0.48	0.95	145	170
1:2 1/2:4	189	2700	18	280	5.3	0.55	0.89	145	170
:2: 1/2:4 1/	179	2560	17	260	5.5	0.52	0.94	140	160
1:3:3	168	2400	16	300	6	0.72	0.72	145	170
1:3:4	159	2275	15	260	6.3	0.63	0.83	140	185
1:3:5	140	2000	14	230	4.5	0.55	0.92	135	160
1:3:6	119	1700	12	210	4	0.5	1	130	155
1:4:7	109	1560	11	175	3.5	0.55	0.98	120	145
1:4:8	99	1420	10	160	3.3	0.65	1.03	110	140

Tabla 2. Dosificaciones para diferentes resistencias del concreto. Fuente: Alegría F.

Así pues, para esta investigación se escogió las dosificaciones de 4000PSI y 3000PSI, que son respectivamente, para 1 m3 de concreto: 420 kg de Cemento gris o 8.5 bultos, 0.67 m3 de arena, 0.67 m3 de agregado grueso y 180 litros de agua, si el agregado está húmedo, o 200 litros de agua, si el agregado está seco para una dosificación 1:2:2 o 4000PSI.

350 kg de Cemento gris o 7 bultos, 0.55 m3 de arena, 0.84 m3 de agregado grueso y 160 litros de agua (si el agregado esta húmedo) o 180 litros de agua (si el agregado está seco) para una dosificación 1:2:3 o 3000PSI.

4.1.2.2 INFORMACION Y DATOS DEL ENSAYO DE COMPRESION

Para el ensayo de compresión se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 673 que describe y regula el ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto. Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcular dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal del área del espécimen. (NTC 673, 2010)

Los especímenes utilizados en esta investigación fueron los descritos por la norma, que son como sigue:

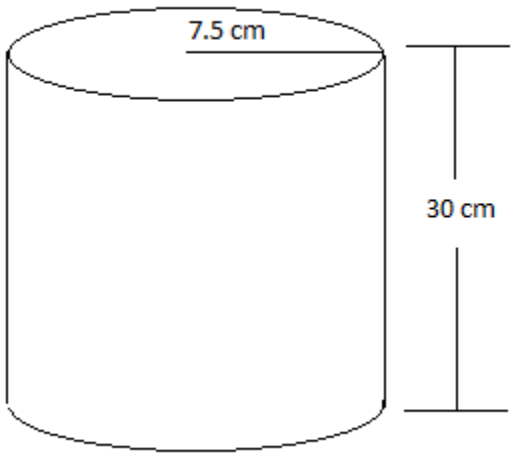

Imagen 3. Esquema de espécimen de concreto. Fuente: Autor

Se utilizó un esquema como se sugiere en la norma de 15cm de diámetro por 30 cm de largo o 6¨x12¨. Teniendo así un área transversal de 176.71 cm2.

Es importante resaltar que este ensayo es utilizado para determinar la resistencia a la compresión de especímenes de concreto, pero que también depende de muchos factores como la dosificación, mezclado y curado del concreto. Por eso su interpretación debe abarcar todas estas variables para que se pueda tener un resultado con mínimo porcentaje de error.

La investigación se decidió hacer para resistencias 4000PSI y 3000PSI para tener mayor campo de exploración y poder tener resultados más amplios, desafortunadamente la limitante del tiempo de destilación del agua de mar puso una barrera al momento de elegir la cantidad de muestras que serían evaluadas, así que solo se pudieron producir dos especímenes de concreto por cada resistencia, es decir, que para el ensayo de compresión se tuvieron 8 especímenes, repartidos así:

RESISTENCIAS, EDADES Y CANTIDADES DE ENSAYO DE COMPRESION

	EDADES DEL ESPECIMEN	
RESISTENCIA	**7 DIAS**	**28 DIAS**
4000 PSI	**2**	**2**
3000 PSI	**2**	**2**

Tabla 3. Resistencia, edades y cantidades de los especímenes ensayados. Fuente: Autor

Se ensayaron 8 especímenes repartidos como se muestra en la gráfica anterior, para así formar una curva de resistencia con dos puntos tomando como referencia la edad de estos especímenes.

El muestreo de esta investigación estuvo basado en el promedio de los resultados de los ensayos realizados a los especímenes en las edades anteriormente descritas, así pues tenemos un valor único para ambas resistencias en cuanto a compresión se refiere.

Y luego de los ensayos se tuvieron los siguientes resultados:

RESULTADOS ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE COMPRESION A LA EDAD DE 7 DIAS

4000 PSI	3000 PSI
186.4 Kn	101.5 Kn
108.7 Kn	103.1 Kn

Tabla 4. Resultados ensayo de compresión. Fuente: Autor

RESULTADOS ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE COMPRESION A LA EDAD DE 28 DIAS

4000 PSI	3000 PSI
286.8 Kn	158.5 Kn
167.3 Kn	156.3 Kn

Tabla 5. Resultados ensayo de compresión. Fuente: Autor

Nota: estos son los datos arrojados directamente de los ensayos realizados, sin ningún tipo de conversión o aplicación de cualquier fórmula. Los resultados y análisis de los ensayos se verán más adelante en esta investigación.

4.1.2.3 INFORMACION Y DATOS DEL ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA

Para el ensayo de tracción indirecta se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 772, la cual describe y regula el ensayo de tracción indirecta para especímenes de concreto. Este método consiste en cargar a compresión el espécimen de concreto a lo largo de dos líneas axiales diametralmente opuestas, los listones de diametrales de apoyo deben ser dos tiras de cartón o de madera laminada, libre de imperfecciones. La elaboración y curado de los especímenes de concreto se realiza en forma similar al ensayo de resistencia a la compresión. (Rivera, L. G)

Imagen 4. Esquema de ensayo a la tracción indirecta. Fuente: Rivera L. G.

Para mayor uniformidad en los resultados todos los especímenes de concreto utilizados en la investigación se hicieron de la misma medida, 15cm de diámetro por 30 cm de altura.

Aunque el concreto posee muy baja resistencia a la tensión y por lo tanto esta propiedad no se tiene en cuenta para el diseño de estructuras normales, la tensión tiene importancia en el agrietamiento del concreto debido a la restricción de contracción inducida por el secado o por disminución de la temperatura. La resistencia a la tensión es difícil medir por métodos directos debido a las dificultades para montar las muestras y las incertidumbres que existen sobre los esfuerzos secundarios inducidos por los implementos utilizados para sujetar las muestras. Por lo tanto, para evitar este problema se creó el método NTC 772 descrito anteriormente. (Rivera, L. G)

Como se mencionó anteriormente, el proyecto de investigación estuvo limitado por el tiempo de destilación del agua de mar. Por consecuente este ensayo a la tensión indirecta también se

vio afectado por este limitante, y se produjeron 8 especímenes, 4 especímenes de 4000PSI y 4 especímenes de 3000PSI, repartidos y ensayados como se muestra a continuación:

RESISTENCIAS Y EDADES DE ENSAYO DE TENSION INDIRECTA

	EDADES DEL ESPECIME	
RESISTENCIA	**7 DIAS**	**28 DIAS**
4000 PSI	**2**	**2**
3000 PSI	**2**	**2**

Tabla 6. Resistencia y edades de los especímenes ensayados. Fuente: Autor

Se ensayaron 8 especímenes repartidos como se muestra en la gráfica anterior, para así formar una curva de resistencia con dos puntos tomando como referencia la edad de estos especímenes.

El muestreo de esta investigación estuvo basado en el promedio de los resultados de los ensayos realizados a los especímenes en las edades anteriormente descritas, así pues tenemos un valor único para ambas resistencias en cuanto a compresión se refiere.

Y luego de los ensayos se tuvieron los siguientes resultados:

RESULTADOS ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE TENSION INDIRECTA A LA EDAD DE 7 DIAS

4000 PSI	**3000 PSI**
13.7 Kn	8.4 Kn
8.6 Kn	8.0 Kn

Tabla 7. Resultados ensayo de tensión indirecta. Fuente: Autor

RESULTADOS ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO DE TENSION INDIRECTA A LA EDAD DE 28 DIAS

4000 PSI	3000 PSI
24.3 Kn	13.3 Kn
14.2 Kn	13.2 Kn

Tabla 8. Resultados ensayo de tensión indirecta. Fuente: Autor

Nota: estos son los datos arrojados directamente de los ensayos realizados, sin ningún tipo de conversión o aplicación de cualquier fórmula. Los resultados y análisis de los ensayos se verán más adelante en esta investigación.

4.1.2.4 INFORMACION Y DATOS DEL ENSAYO DE FLEXION

Para el ensayo de flexión se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 2871, la cual es una medida de resistencia a la falla por momento de una viga de concreto no reforzada.(Portilla F. 2014) Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6x6 pulg. (15cmx15cm) de sección transversal y de luz tres veces el espesor.

La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada y es cerca del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales y el diseño de mezcla. (Portilla F. 2014).

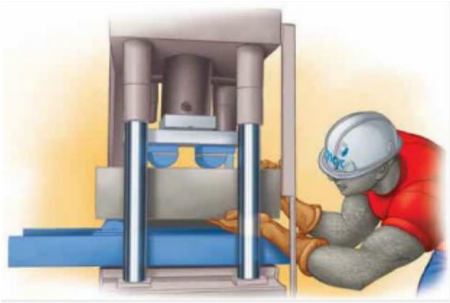

Imagen 5. Esquema de ensayo de flexión. Fuente: Portilla F.

La resistencia a la flexión de un concreto es baja a comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura. Este parámetro se utiliza en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas. Este esfuerzo de compresión sobre un pavimento de concreto hidráulico resulta sumamente bajo con relación a la resistencia a la compresión del concreto que normalmente varía entre 150y 350 kg/cm2 en nuestro medio. (Rivera, L. G.)

Para efectos de realizar este ensayo se hicieron cuatro viguetas de 15 cm de alto por 15 cm de ancho por 50 cm de largo, las cuales fueron ensayadas a la edad de 28 días.

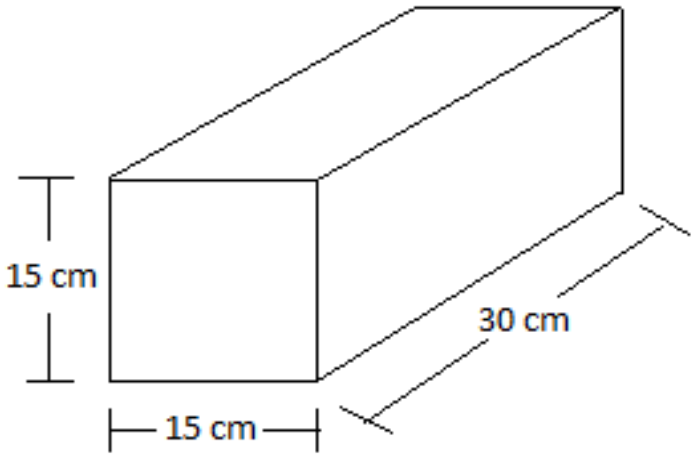

Imagen 6. Esquema de viguetas ensayada. Fuente: Autor.

Luego de ensayar estas viguetas, de 4000 PSI y 3000 PSI se obtuvieron los siguientes resultados:

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGUETAS DE 4000PSI Y 3000PSI

4000 PSI	3000 PSI
12.8 Kn	11.7 Kn
12.3 Kn	10.8 Kn

Tabla 9. Resultados ensayo de flexión. Fuente: Autor.

Nota: estos son los datos arrojados directamente de los ensayos realizados, sin ningún tipo de conversión o aplicación de cualquier fórmula. Los resultados y análisis de los ensayos se verán más adelante en esta investigación.

4.1.2.5 INFORMACION Y DATOS DEL ENSAYO DE ASENTAMIENTO

Para la realización de este ensayo se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 396, la cual describe y regula el proceso para ejecutar el ensayo de asentamiento del concreto. Una muestra del concreto fresco se coloca en un molde cónico y se compacta mediante una varilla. El molde se levanta permitiendo que el concreto se asiente. El asentamiento corresponde a la diferencia de la posición inicial y la desplazada de la superficie superior del concreto. Las mediciones se deben tomar en el centro de la cara superior. (NTC 396, 1992)

Este ensayo se realizó para la muestra de concreto de 4000 PSI y de 3000 PSI utilizados para hacer los demás ensayos anteriormente descritos, compresión, tensión indirecta y flexión. Esto con la idea de la mezcla utilizada en todos los ensayos fuera uniforme y hecha de una sola manera para evitar errores de cálculo y ejecución.

Para este ensayo se empleó un molde cónico metálico y una varilla lisa para ejecutar el ensayo. Previo se realizó una limpieza del equipo y se colocó en un lugar seco no absorbente y plano. Se fijaron 3 capas de concreto cada una de ellas de un tercio del volumen del molde aproximadamente. Cada capa se compactó aproximadamente con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente sobre toda la sección transversal.

Para los dos ensayos realizados a las muestras de 4000 PSI y 3000 PSI los resultados fueron los siguientes:

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ASENTAMIENTO PARA MUESTRAS DE 4000PSI Y 3000PSI

	4000 PSI	3000PSI
ASENTAMIENTO	5.2 cm	6.7 cm

Tabla 10. Resultados ensayo de asentamiento. Fuente: Autor

Nota: estos son los datos arrojados directamente de los ensayos realizados, sin ningún tipo de conversión o aplicación de cualquier fórmula. Los resultados y análisis de los ensayos se verán más adelante en esta investigación.

4.1.2.6 CANTIDADES DE MATERIALES

Para las cantidades de materiales utilizados fue necesario tener claridad en todos los procesos que se llevaron a cabo, como lo era la creación de todos los especímenes de concreto a utilizar, cilindros y viguetas, en este caso.

Al conocer las dimensiones de ambos elementos, que están regidas por las Normas Tecnicas Colombianas, fue sencillo aplicar un modelo para determinar cuál era la cantidad exacta que se requería para realizar los ensayos.

CANTIDADES DE MATERIALES								
RESISTENCIA	PARA 1 M3 DE CONCRETO				PARA 1 ESPECÍMEN DE CONCRETO(CILINDRO)			
	CEMENTO(KG)	ARENA(M3)	GRAVA(M3)	AGUA (LTS)	CEMENTO(KG)	ARENA(M3)	GRAVA(M3)	AGUA (LTS)
4000PSI	420	0,67	0,67	190	2,2	0,004	0,004	1,0
3000PSI	320	0,52	0,9	170	1,7	0,003	0,005	0,9
				RESISTENCIA	PARA 1 VIGUETA			
				4000PSI	5,67	0,009	0,009	2,6
				3000PSI	4,32	0,007	0,012	2,3

Tabla 11. Cantidades de materiales utilizados. Fuente: Autor

Para el caso de los cilindros se conoce que sus medidas son: 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, por lo consiguiente se tiene que el volumen de este cilindro es de 0.0053 m3. Teniendo este valor claro se hace una regla de tres simple y se obtiene cuanta cantidad de cada uno de

los materiales, cemento, arena, grava y agua, se va a necesitar para producir un cilindro de concreto, que son 2.2 kg de cemento gris, 0.004 m3 de arena, 0.004 m3 de grava y 1.0 litro de agua. Esto para la resistencia de 4000PSI. Para efecto de la producción de los cilindros era muy complicado trabajar con valores de volumen para el caso de la arena y la grava, así que con el peso específico de los materiales se pudieron obtener su volumen en peso y por lo tanto poder trabajar con más comodidad. Como fueron 8 cilindros para la resistencia de 4000PSI se multiplican todos los valores anteriores por un factor de 8 y se obtiene la cantidad exacta necesaria para producir estos cilindros. Es importante decir que se les suma un 5% a todos estos materiales para efectos del desperdicio que se maneja a la hora de hacer estos especímenes. Siendo igual para la resistencia de 3000PSI y para las viguetas, quedando las cantidades totales así:

	CANTIDADES TOTALES			
	CEMENTO(KG)	ARENA(M3)	GRAVA(M3)	AGUA (LTS)
CILINDROS				
4000PSI	17,808	0,028408	0,028408	8,056
3000PSI	13,568	0,022048	0,03816	7,208
TOTAL CILINDROS	31,376	0,050456	0,066568	15,264
VIGUETAS				
4000PSI	11,34	0,01809	0,01809	5,13
3000PSI	8,64	0,01404	0,0243	4,59
TOTAL VIGUETAS	19,98	0,03213	0,04239	9,72
TOTAL MATERIALES	51,356	0,082586	0,108958	24,984

Tabla 12. Cantidades totales de materiales. Fuente: Autor

4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A ESPECIMENES CON AGUA DE GRIFO O ENSAYOS BLANCOS

Estos ensayos fueron realizados bajo las mismas características de dosificación, curado y materiales, de los ensayos realizados a los especímenes de concreto con agua de mar destilada, con la finalidad de hacer una comparación que pueda dar a lugar a las conclusiones de este trabajo investigativo.

Estos ensayos fueron realizados a edades de 7 y 14 días por la premura que se tenía respecto a la demora normal de estos ensayos.

Para efectos comparativos se realizaron ensayos así: 2 especímenes blancos para el ensayo de compresión a 7 y 14 días respectivamente para las dos resistencias (3000PSI y 4000PSI) y 2 ensayos de asentamiento para las dos resistencias. (3000PSI y 4000PSI)

Ensayo de compresión		
Resistencia	**Edades**	
	7 días	**14 días**
3000psi	259,02Kn - 258,21Kn	322,25Kn - 318,32Kn
4000psi	338,39Kn - 339,52Kn	424,23Kn - 426,05Kn

Ensayo de asentamiento	
Resistencia	**Asentamiento**
3000psi	3,6
4000psi	3,1

Tabla 12. Resultados para ensayos a muestras con agua de grifo o blancos. Fuente: Autor

4.3 RECOLECCION DE LA INFORMACION SECUNDARIA

Esta investigación surgió de una investigación anterior titulada: ***"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA".*** La cual dio resultados muy prometedores en cuanto a la calidad del agua después de ser destilada. Estos resultados alentaron para que esta investigación, influencia del agua de mar tratada, a traves de un destilador solar, en las propiedades fisicas y mecanicas del concreto para las resistencias de 3000 psi y 4000 psi, se llevara a cabo.

En zonas que son de dificil acceso para las poblaciones tener agua potable, alternativas como estas fomentan el desarrollo y la autosostenibilidad de las sociedades, ya que a traves de estas oportunidades las personas podran tener acceso a elementos que si bien antes poseian, como es el caso del agua potable, ahora con esta nueva metodologia no se verán obligados a usar el agua potable para el uso de la construccion sino que será directamente para el consumo humano.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA

ESTUDIANTES :
PÉREZ VANEGAS JHORSY JORSY
SALAZAR ROMERO ANABELA

INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

CARACTERIZACION DEL AGUA DESTILADA					
ESTADO	**pH**	**Salinidad**	**Color**	**Turbiedad**	**Conductividad**
ANTES DESTILACION	8,1 UpH	35,9	5 UC*	5,25 UNT	54,3 mS/cm
DESPUES DESTILACION	7,52 UpH	< 1	7 UC**	1,74 UNT	493 µS/cm

* Se analiza el color verdadero en la muestra puntual de agua de mar y no aparente debido a interferencia de turbiedad (se filtra la muestra con filtros de 0,45 µm)

Imagen 7. Caracterización del agua destilada. Fuente: Pérez Vanegas J. Salazar Romero A.

Al analizar estos resultados, es evidente que el destilador solar funciona de manera óptima y que los resultados obtenidos arrojan una clara disminución de la salinidad en el agua de mar, lo cual es bueno para la idea de realización del concreto a base de agua de mar destilada a través de este destilador solar.

Este prototipo de destilador solar también cuenta con unas limitaciones de tipo física que impedirían su uso a gran escala, pero que es funcional a pequeña y mediana escala. El prototipo produce en un pico más alto una producción de 290ml diarios en un área de destilación de 1.5 m2 (Pérez Vanegas J, Salazar Romero A.) teniendo una producción mensual de aproximadamente 8.7 litros de agua destilada. Cabe resaltar que este es un modelo a escala y que su utilización para la industria de la construcción debería ser construida con unas medidas que lo hagan funcional al momento de la planeación de una obra.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los ensayos fueron realizados en el periodo comprendido entre los meses de Mayo y Junio. Dichos ensayos fueron realizados, en su respectivo caso, a los 7 días de haber producido la muestra de concreto y a los 28 días y los demás cuando la mezcla estaba en estado fresco (asentamiento) y a los 28 días estrictamente cuando ya tuviera más del 90% de su estado final (flexión). Además de la caracterización del agua que se hizo para comparar con la información obtenida de investigaciones pasadas y que corroboró la funcionalidad del prototipo de destilador solar, con resultados similares a los obtenidos por la investigación: ***"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA".***

5.1 RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS ENSAYOS A LOS ESPECIMENES CON AGUA DE GRIFO O ENSAYOS BLANCOS

Estos ensayos se realizaron de manera eficaz y rápida debido a la necesidad de tener unos resultados en poco tiempo y además ajustados lo más posible a la realidad. Para estos ensayos se tuvo en cuenta principalmente el ensayo a compresión, el cual se realizó a edades de 7 y 14 días respectivamente, debido a que a partir de este, por correlacion de ensayos, se pueden obtener los demás resultados de los otros ensayos como lo es el de flexion y de tensión indirecta.

Para el primer ensayo de compresión se tienen valores de dos especímenes ensayados, con promedio de 2131.95PSI para 7 dias de edad y 2649.3PSI para 14 dias de edad. Existe una relación directa entre la resistencia a la compresión a los 28 dias y la obtenida a los 7 dias a través de la formula:

$$R_{28} = C + KR_7$$

Donde,

R_{28}= Resistencia a la compresión a los 28 dias

R_7= Resistencia a la compresión a los 7 dias

C, K = Constantes que dependen del tipo de cemento.

Tabla 6.2 Valores de C y K para varios cementos tipo I colombianos

Cemento	C	K
Argos	36,34	1,36
Boyacá	39,70	1,40
Cairo	32,49	1,31
Caldas	26,51	1,43
Caribe	31,48	1,29
Diamante B/manga	-15,75	1,59
Diamante Cúcuta	17,83	1,38
Diamante Tolima	45,28	1,35
Nare	6,03	1,50
Paz del Río	59,38	1,28
Samper Sta. Rosa	10,35	1,44
Samper Siberia	41,23	1,34
Valle	29,22	1,50

Tabla 13. Valores de C y K para diferentes cementos tipo I Colombiano. Fuente: tecnología del concreto y del mortero. Diego Sanchez de Guzman.

Ahora aplicando la formula anteriormente propuesta tenemos:

$$R_{28} = 36.34 + 1.36(2131.95)$$

$$R_{28} = 2935.792$$

Esto concluye que el resultado para el espécimen blanco de 3000PSI en el ensayo de compresión se aproxima de manera muy cercana a los 3000PSI propuestos.

Ahora con este resultado podemos hallar por correlacion de ensayos el modulo de rotura, que es el que se haya al ensayar la flexion. El modulo de rotura presenta valores que varian entre un 15% y 20% de la resistencia a la compresión. (Tecnologia del concreto y del mortero. Diego Sanchez de Guzman)

Esto quiere decir que si la resistencia a los 28 dias a la compresión arroja un valor de 2935.792 el módulo de rotura varía entre 293.58PSI y 587.15PSI. para mayor precisión se puede utilizar el siguiente esquema:

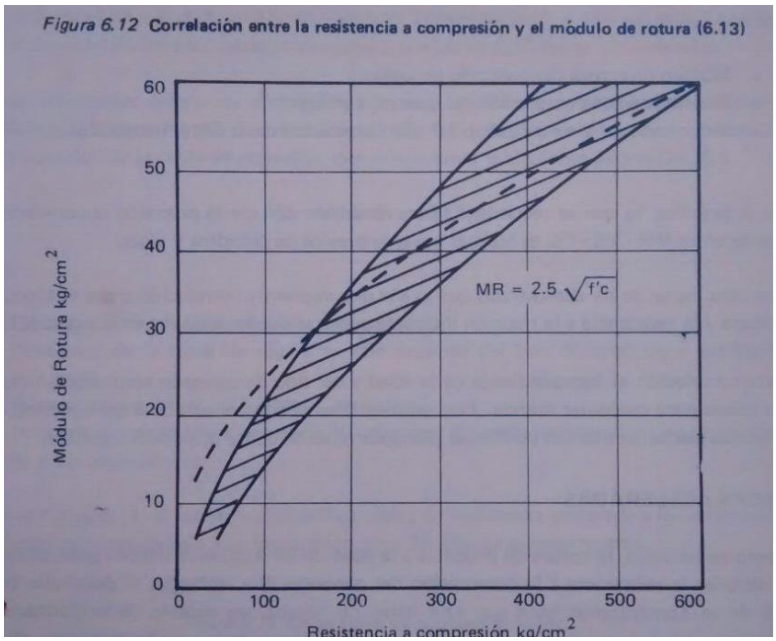

Tabla 14. Correlacion entre la resistencia a compresion y modulo de rotura. Fuente: tecnología del concreto y del mortero. Diego Sanchez de Guzman.

Lo cual para una resistencia a la compresión de 2935.792PSI es igual a 205.50Kg/cm2, lo que en el esquema arrojaría un valor aproximado de Modulo de Rotura de 28 Kg/cm2 que es igual a 400PSI, que está en el rango de 10% y 20% del valor del ensayo de compresión.

Adicionalmente a esto se puede hacer una última correlación utilizando el Modulo de rotura para hallar la resistencia a la tensión indirecta utilizando el siguiente esquema:

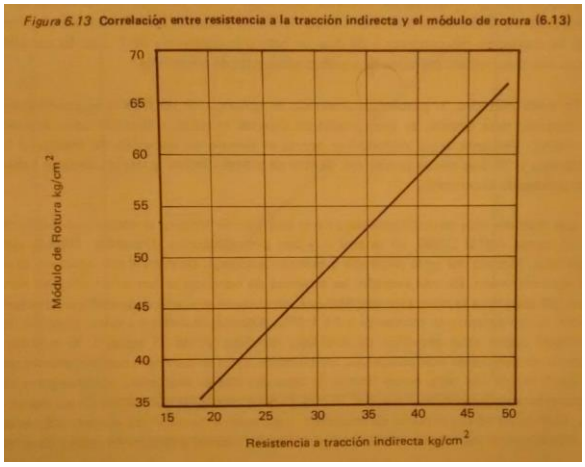

Tabla 15. Correlación entre resistencia a la tracción indirecta y el módulo de rotura. Fuente: tecnología del concreto y del mortero. Diego Sanchez de Guzman.

Como vemos esta es una relación lineal, a diferencia de la anterior que era parabólica, eso quiere decir que a medida que el módulo de rotura aumenta, también lo hace la resistencia a la tracción indirecta.

Para este caso se tiene una resistencia a la tracción indirecta mínima de 15Kg/cm2, que es igual a 214.28PSI. Este mismo ejercicio fue realizado para la resistencia de 4000PSI y obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

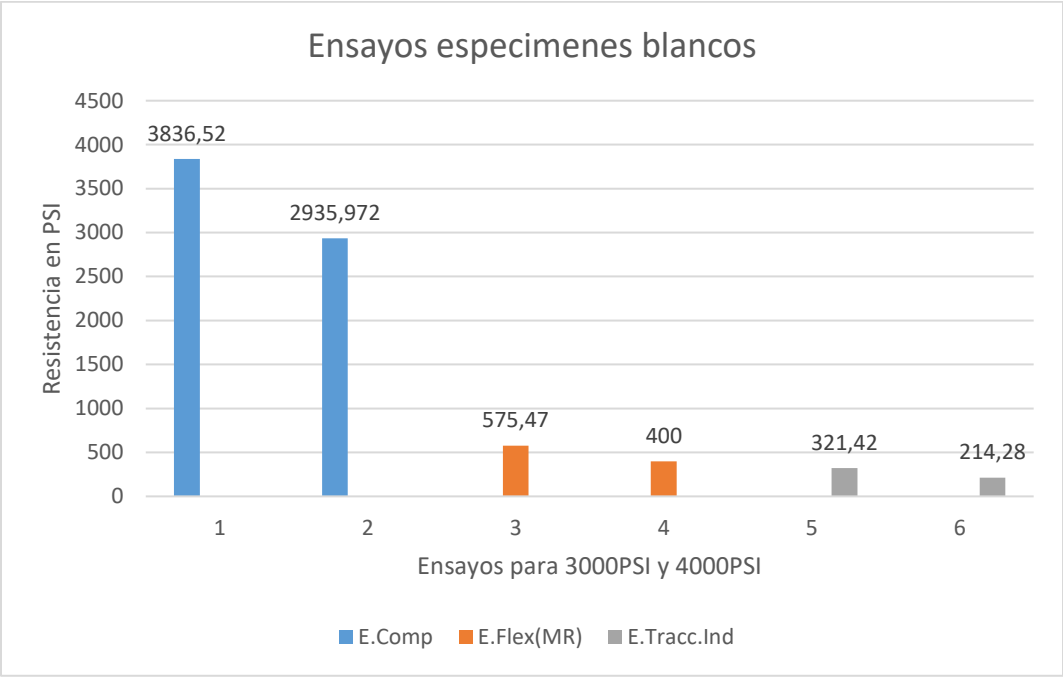

Tabla 16. Resultados de ensayos blancos. Fuente: Autor

5.2 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE COMPRESION.

Como se vio anteriormente el ensayo de compresión, arrojó unos valores alejados para la muestra de 4000 PSI, pero unos valores similares para la muestra de 3000 PSI. Esto puede indicar una anomalía al momento de la creación de los especímenes de 4000 PSI o puede ser debido a la nueva inclusión de agua de mar destilada en su composición.

La limitante que se planteó anteriormente, del tiempo de destilación del prototipo, obligó a que solo se pudieran hacer este número de cilindros y así solo promediar con dos datos, lo cual, para efectos de resultados hace que no sea tan confiable el resultado, pero aun así no está alejado de la realidad.

Imagen 8. Esquema de ensayo de compresión. Fuente: Autor

5.2.1 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESION A ESPECIMENES DE 4000PSI.

Para los cilindros de 4000 PSI se tuvo:

- Edad de 7 dias: 108.7 Kn – 186.4 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias\ = \frac{108.7\ Kn + 186.4\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias = 147.55\ Kn$$

- Edad de 28 dias: 167.3 Kn – 286.8 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{167.3\ Kn + 286.8\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias = 227.05\ Kn$$

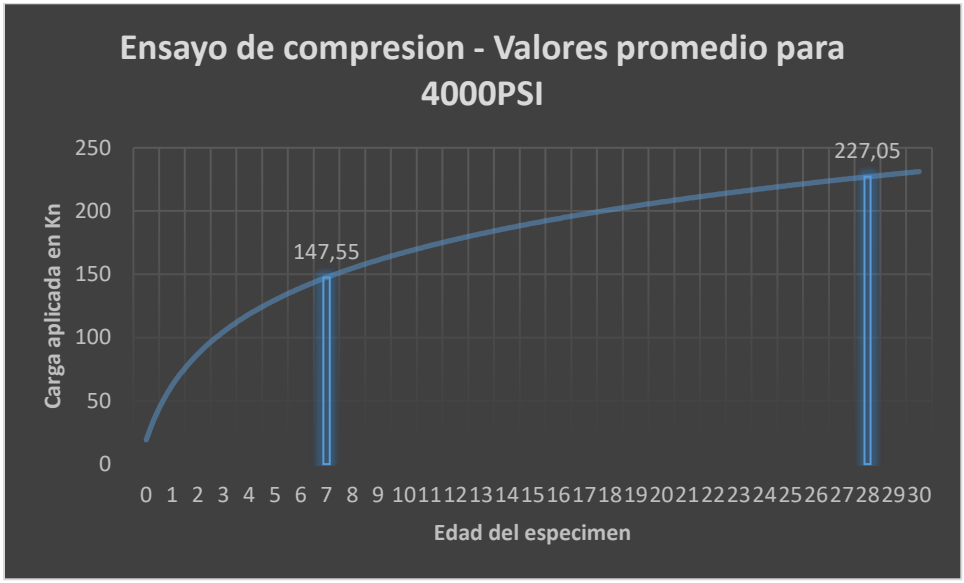

Tabla 17. Valores promedio para ensayo de compresión 4000PSI. Fuente: Autor

Luego de tener esta información, se calculó la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, que de acuerdo con la norma se calcula como sigue:

$$Rc = \frac{P}{A}$$

Donde,

Rc: Resistencia a la compresión del cilindro.

P: Carga promedio aplicada.

A: Area transversal del cilindro.

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 227.05 Kn a 23152.65 kg.

Entonces,

$$Rc = \frac{23152.65kg}{176.71cm^2}$$

$$Rc = 131.02\ kg/cm^2$$

Ahora se expresa este valor en PSI, que es dividiendo entre un factor de 0.07, teniendo como resultado: 1872PSI.

El resultado no fue el esperado para la resistencia de 4000PSI, no alcanzo ni el 50% de la resistencia esperada, por eso se puede concluir que para la resistencia de 4000PSI no es adecuada el uso de agua de mar destilada.

5.2.2 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESION A ESPECIMENES DE 3000PSI.

Para los cilindros de 3000 PSI se tuvo:

- Edad de 7 dias: 103.1 Kn – 101.3 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias\ = \frac{103.1\ Kn + 101.3\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias = 102.2\ Kn$$

- Edad de 28 dias: 158.5 Kn – 156.3 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{158.5\ Kn + 156.3\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias = 157.4\ Kn$$

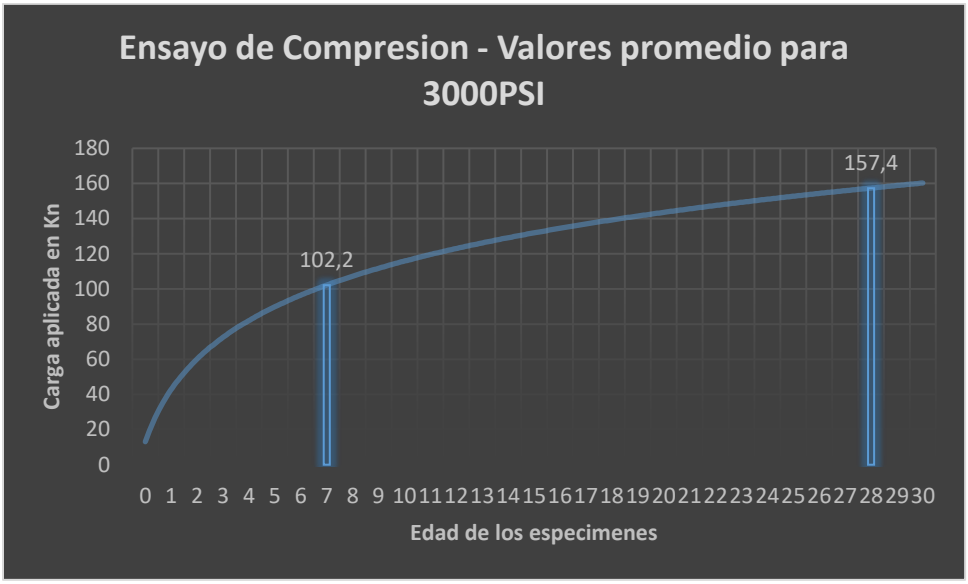

Tabla 18. Valores promedio para ensayo de compresión 3000PSI. Fuente: Autor

Luego de tener esta información, se calculó la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, que de acuerdo con la norma se calcula como sigue:

$$Rc = \frac{P}{A}$$

Donde,

Rc: Resistencia a la compresión del cilindro.

P: Carga promedio aplicada.

A: Area transversal del cilindro.

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 157.4 Kn a 16050.33 kg.

Entonces,

$$Rc = \frac{16050.33kg}{176.71cm^2}$$

$$Rc = 90.82\ kg/cm^2$$

Ahora se expresa este valor en PSI, que es dividiendo entre un factor de 0.07, teniendo como resultado: 1297PSI.

El resultado no fue el esperado para la resistencia de 3000PSI, no alcanzo ni el 50% de la resistencia esperada, por eso se puede concluir que para la resistencia a la compresión de 3000PSI no es adecuada el uso de agua de mar destilada.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE TENSION INDIRECTA

Para el ensayo de tensión indirecta se tuvieron resultados similares a los de ensayo de compresión, siendo estos como lo indica la literatura, aproximadamente el 10% de los resultados del ensayo de compresión. Los cálculos de esta resistencia a la tensión indirecta involucran una variable diferente a la de compresión, como el cilindro es ensayado axialmente a lo largo de líneas diametrales opuestas, es necesario conocer su longitud, para efectos del área de contacto a la cual está sometido el cilindro.

A continuación se rotularon por resistencia, siendo el primero en revisar los cilindros de 4000PSI.

Imagen 9. Esquema de ensayo de tensión indirecta. Fuente: Autor

5.3.1 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE TENSION A ESPECIMENES DE 4000PSI.

Para los cilindros de 4000 PSI se tuvo:

- Edad de 7 dias: 8.6 Kn – 13.7 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias\ = \frac{8.6\ Kn + 13.7\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias = 11.5\ Kn$$

- Edad de 28 dias: 14.2 Kn – 24.3 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{14.2\ Kn + 24.3\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias = 19.25\ Kn$$

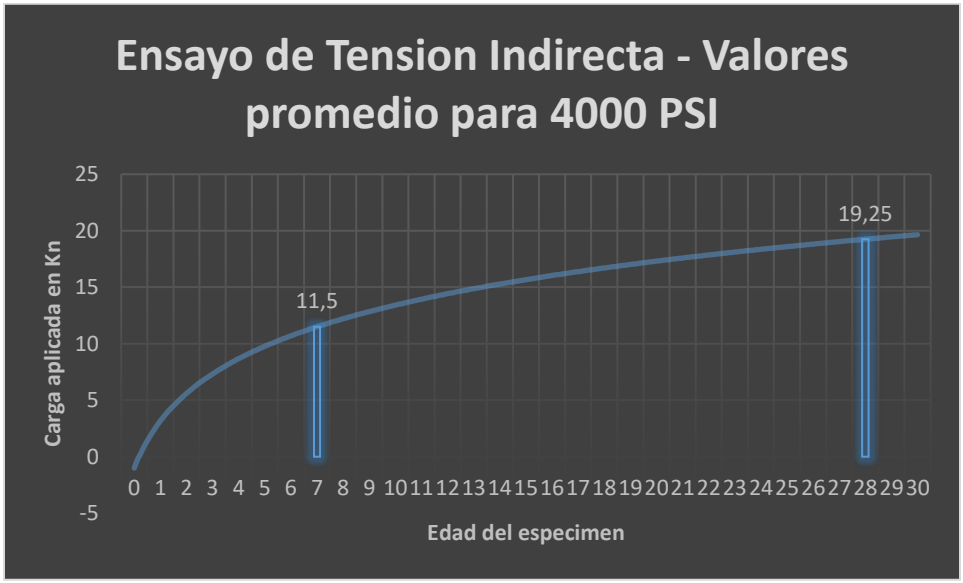

Tabla 19. Valores promedio para ensayo de tensión indirecta 4000PSI. Fuente: Autor

Luego de tener esta información, se calculó la resistencia a la tensión indirecta de los especímenes de concreto, que de acuerdo con la norma se calcula como sigue:

$$Rt = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde,

Rt: Resistencia a la tensión indirecta del cilindro

P: Carga promedio aplicada.

L: Longitud del cilindro

D: Diámetro del cilindro

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 19.25 Kn a 1962.95 kg.

Entonces,

$$Rc = \frac{1962.95kg * 2}{30cm * 15cm * \pi}$$

$$Rc = 2.77\ kg/cm^2$$

Ahora se expresa este valor en PSI, que es dividiendo entre un factor de 0.07, teniendo como resultado: 40PSI.

Según este valor podemos decir que el ensayo de tensión indirecta índico que los especímenes estudiados no alcanzan el valor esperado, que supone que era alrededor del 10% del ensayo de resistencia a la compresión.

Este ensayo demuestra la capacidad que tiene un concreto en fallar por tensión, la cual es muy baja para la resistencia esperada, lo que quiere decir que el agua de mar destilada no cumple con la función de mantener o aumentar la resistencia a la tensión indirecta, para los 4000PSI.

5.3.2 RESULTADOS PARA LOS ENSAYOS DE TENSION A ESPECIMENES DE 3000PSI.

Para los cilindros de 3000 PSI se tuvo:

- Edad de 7 dias: 8.0 Kn – 8.4 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias\ = \frac{8.0\ Kn + 8.4\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 7\ dias = 8.2\ Kn$$

- Edad de 28 dias: 13.3 Kn – 13.1 Kn

Se promedia estos dos datos:

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{13.3\ Kn + 13.1\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias = 13.2\ Kn$$

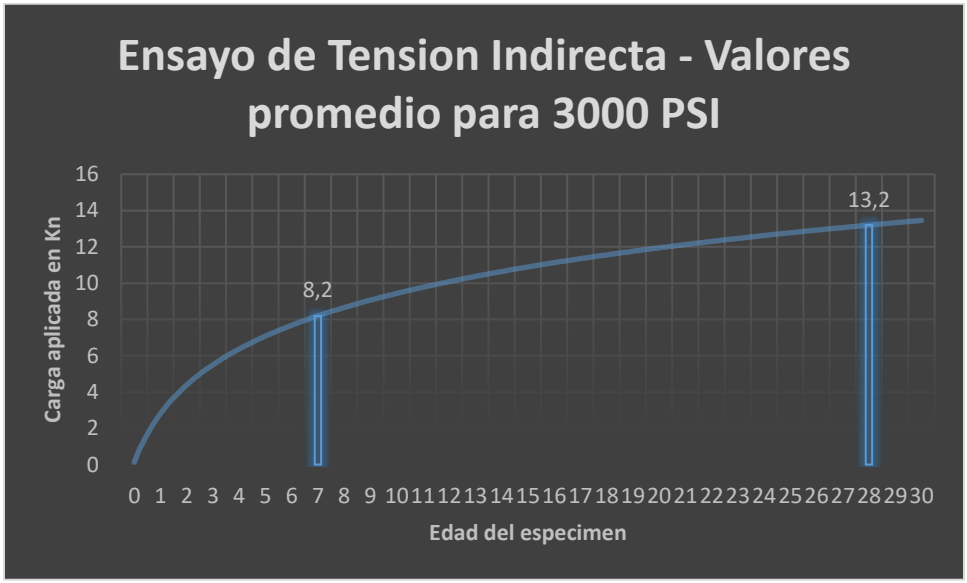

Tabla 20. Valores promedio para ensayo de tensión indirecta 3000PSI. Fuente: Autor

Luego de tener esta información, se calculó la resistencia a la tensión indirecta de los especímenes de concreto, que de acuerdo con la norma se calcula como sigue:

$$Rt = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde,

Rt: Resistencia a la tensión indirecta del cilindro

P: Carga promedio aplicada.

L: Longitud del cilindro

D: Diámetro del cilindro

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 13.2 Kn a 1346.02 kg.

Entonces,

$$Rc = \frac{1346.02kg * 2}{30cm * 15cm * \pi}$$

$$Rc = 1.90\ kg/cm^2$$

Ahora se expresa este valor en PSI, que es dividiendo entre un factor de 0.07, teniendo como resultado: 27PSI.

Según este valor podemos decir que el ensayo de tensión indirecta índico que los especímenes estudiados no alcanzan el valor esperado, que supone que era alrededor del 10% del ensayo de resistencia a la compresión.

Este ensayo demuestra la capacidad que tiene un concreto en fallar por tensión, la cual es muy baja para la resistencia esperada, lo que quiere decir que el agua de mar destilada no cumple con la función de mantener o aumentar la resistencia a la tensión indirecta, para los 3000PSI.

5.4 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE FLEXION

Para el ensayo de flexión se espera que los resultados estén entre un 10% a un 20% del ensayo de resistencia a la compresión, lo cual depende del tipo y las dimensiones del agregado grueso, que fue uniforme en todas las mezclas usadas en esta investigación.

Los especímenes de viguetas tienen dimensiones de 15cm x 15 cm x 60cm (ancho, alto y laryo). Ensayadas en el tercio medio del claro y que intervienen la carga máxima aplicada, la longitud entre apoyos, el ancho y el alto del espécimen.

Cabe destacar que estos ensayos se realizaron a los 28 días de haber sido construidas las viguetas.

5.4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION PARA 4000PSI

Para las viguetas de 4000PSI se tuvo:

- Edad de 28 días: 12.8 Kn – 12.3 Kn

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{12.8\ Kn + 12.3\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \ 12.55\ Kn$$

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 12.55 Kn a 1279.7 kg.

Ahora usamos la fórmula para determinar el módulo de rotura:

$$MR = \frac{P * L}{D^2 * B}$$

Donde,

MR: Modulo de Ruptura

P: Carga máxima aplicada promedio

L: Distancia entre apoyos

B: Ancho del espécimen

D: Alto del espécimen

Se procede a utilizar la fórmula:

$$MR = \frac{1279.7\text{kg} * 45cm}{(15cm)^2 * 15cm}$$

Obteniendo como resultado:

$$MR = 17.06kg/cm^2$$

El resultado del ensayo a flexión fue de 17.06 Kg/cm2 o 1.67Mpa o 243.75PSI la cual no cumple con lo dicho anteriormente que debía aproximarse al 10% - 20% del ensayo de compresión, lo cual indica un módulo de rotura está bajo para la resistencia esperada. Por esto se puede concluir que el agua de mar destilada no cumplió con la tarea de mantener o aumentar la resistencia necesaria para esta prueba.

5.4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION PARA 3000PSI

Para las viguetas de 3000PSI se tuvo:

- Edad de 28 días: 10.8 Kn – 11.7 Kn

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = \frac{10.8\ Kn + 11.7\ Kn}{2}$$

$$Carga\ Maxima\ Aplicada\ para\ la\ edad\ de\ 28\ dias\ = 11.25\ Kn$$

Antes de aplicar la formula, se convierte el valor promedio de la carga máxima aplicada, 11.25 Kn a 1147.18 kg.

Ahora se usa la fórmula para determinar el módulo de rotura:

$$MR = \frac{P * L}{D^2 * B}$$

Donde,

MR: Modulo de Ruptura

P: Carga máxima aplicada promedio

L: Distancia entre apoyos

B: Ancho del espécimen

D: Alto del espécimen

Se procede a utilizar la fórmula:

$$MR = \frac{1148.18\text{kg} * 45cm}{(15cm)^2 * 15cm}$$

Obteniendo como resultado:

$$MR = 15.29kg/cm^2$$

El resultado del ensayo a flexión fue de 15.29 Kg/cm2 o 1.47Mpa o 218.51PSI la cual no cumple con lo dicho anteriormente que debía aproximarse al 10% - 20% del ensayo de compresión, lo cual indica un módulo de rotura está bajo para la resistencia esperada. Por esto se puede concluir que el agua de mar destilada no cumplió con la tarea de mantener o aumentar la resistencia necesaria para esta prueba.

5.5 RESULTADOS Y DISCUSION DEL ENSAYO DE ASENTAMIENTO

El ensayo de asentamiento fue el primer ensayo que se hizo, ya que este era necesario hacerlo con el concreto fresco, se tomaron dos muestras del concreto recién hecho y se colocaron en

un recipiente cónico metálico para luego este ser retirado y observar el desplazamiento que había tenido el concreto respecto a la altura inicial del concreto.

Imagen 10. Ensayo de asentamiento de 4000PSI. Fuente: Autor

La primera medición, que fue la de 4000PSI arrojo como resultado un asentamiento de 5.2cm o 2.04pulg. que según la tabla que veremos a continuación es un resultado aceptable para el tipo de construcción que se requiera.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (MM)	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibraciones intensa
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple	Colocación con maquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibración. (Normalmente no adecuados para vibrarse)

Tabla 21. Asentamientos para diferentes tipos de construcción. Fuente: tecnología del concreto y el mortero, tabla 11.3, pag 228

Para la segunda medición de 3000 PSI arrojo una medida de 6.7 cm o 2.63pulg, que es también una medida aceptable para este ensayo, y que se puede concluir que es una medida de control de calidad y manejabilidad del concreto en su estado fresco y que las dos muestras pasan esta prueba, pero en comparación con las muestras hechas con agua de grifo difieren en casi 3cm aproximadamente.

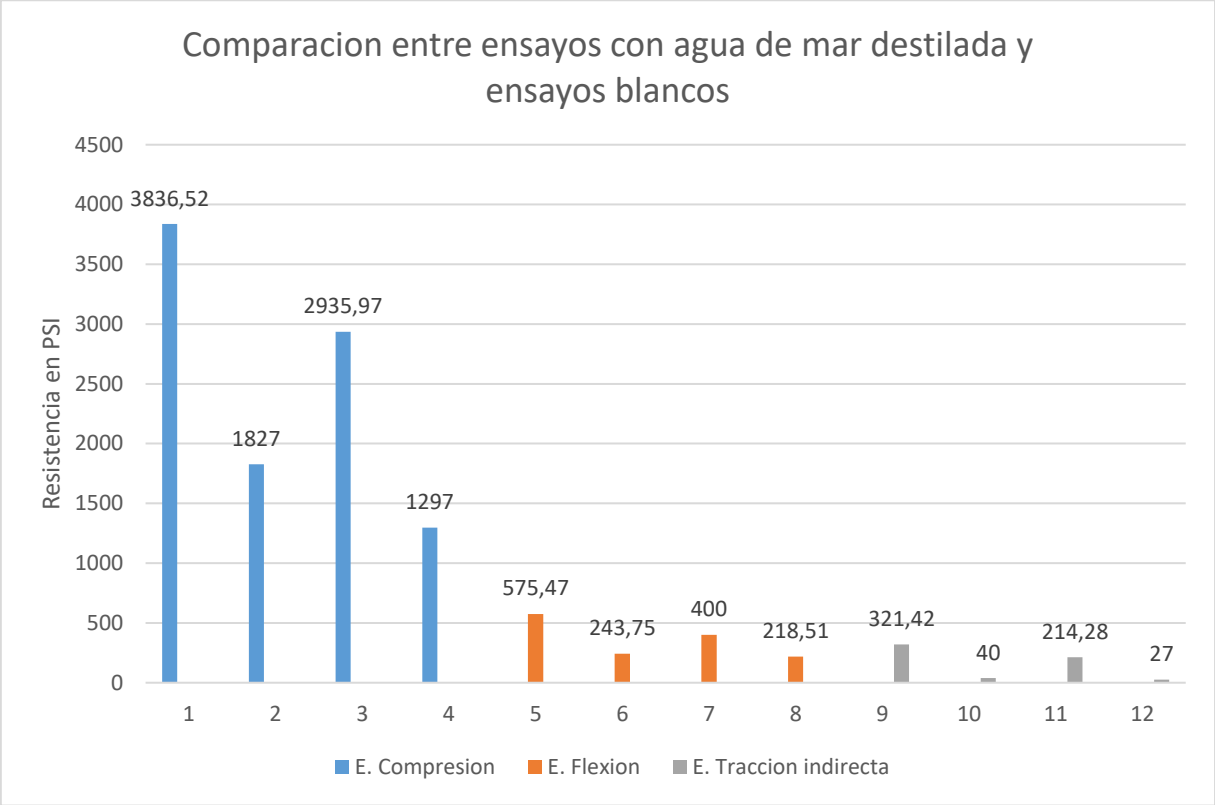

Tabla 22. Comparacion entre ensayos con agua de mar destilada y ensayos con agua del grifo o ensayos blancos. Fuente: Autor

Como se concluyo anteriormente, todas las mediciones no alcancanzan el 50% del valor esperado para las muestras ensayadas, solo el ensayo de flexion pasa el 50% de la resistencia esperada, pero aun asi es un valor muy bajo para las necesidades de esta investigacion, lo cual da como resultado que el concreto creado bajo las circunstacias de diseño, control y curado, no es del todo satisfactorio para ser utilizado en edificaciones en las que sea utilizado como parte estructural importante.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo del proyecto de investigación titulado Influencia del agua de mar tratada, a través de un destilador solar, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI se concluye que:

- Se determinó que la influencia que ejerce el agua de mar destilada en la mezcla de concreto, en las propiedades físicas y mecánicas del mismo, no es óptima debido a lo siguiente: el ensayo de compresión para la resistencia de 4000PSI dio como resultado para ensayo blanco de 3836.52PSI y el ensayo con agua de mar destilada dio como resultado 1827PSI que es solo el 47.62% de la resistencia esperada, para la resistencia de 3000PSI, el ensayo de compresión para las muestras blancas dieron como resultado 2935.97PSI y el ensayo de muestras con agua de mar destilada fue 1297PSI, que es solo el 44.19% de la resistencia esperada. Para los ensayos de tracción indirecta en la resistencia de 4000PSI las muestras blancas dieron como resultado 321.42PSI mientras que las muestras con agua de mar destilada dieron como resultado 40PSI, ahora bien para el mismo ensayo de tracción indirecta para la resistencia de 3000PSI las muestras blancas dieron como resultado 214.28PSI mientras que las muestras con agua de mar destilada dieron como resultado 27PSI, ambas resistencias con muy bajo porcentaje de nivel esperado. Para el ensayo de flexión en la resistencia de 4000PSI las muestras blancas dieron como resultado 575.47PSI mientras que las muestras de agua de mar dieron como resultado 243.75PSI siendo el 42% de la resistencia esperada. Mientras que para las muestras de 3000PSI las muestras blancas dieron como resultado 400PSI y las muestras con agua de mar destilada 218.51PSI siendo 54.5%. lo cual hace inviable para la construcción de elementos estructurales y por lo tanto no puede ayudar en el desarrollo de las comunidades costeras.

- Se caracterizó el agua de mar destilada, conociendo su composición física y química, dando unos buenos resultados basados en investigaciones anteriores, sin embargo, no funciona para la creación de concreto.

- Las propiedades físicas y mecánicas del concreto se vieron altamente afectadas con la injerencia del nuevo agente hidratante, como lo es el agua de mar destilada, debido a su gran reducción en las resistencias esperadas, de 4000PSI y 3000PSI, siendo la prueba de asentamiento la única que tuvo un resultado positivo.

- Los resultados se vieron afectados en gran parte por la limitación del tiempo de destilación del prototipo, ya que era muy lento, y no se pudieron hacer las muestras y ensayos suficientes para tener unos resultados más precisos.

- La no utilización de maquinaria para el proceso de mezclado pudo haber tenido influencia en los resultados, que no fueron los esperados, porque al ser mezclados manualmente hubo mucho desperdicio de materiales

6.1 RECOMENDACIONES

- Como recomendación principal se puede decir que es inviable la utilización de agua de mar destilada en la construcción, pero se puede utilizar para construcciones menores que no tengan compromiso estructural, como plantillas o pañete o pega de muros.

- Optimizar el proceso de destilación del prototipo de destilador solar para que sea más rápido y así poder mejorar el proceso de creación del concreto, ya que como se vio esta fue una de las limitantes al momento de realizar los ensayos.

- Utilizar maquinaria especializada para el mezclado de concreto para que no haya desperdicio de material y sea un mezclado más homogéneo.

- Hacer un diseño de mezcla teniendo en cuenta las características de la nueva agua destilada para que el nuevo concreto se adapte a las condiciones del nuevo agente hidrante, y así analizar si alcanza los niveles de resistencia deseados.

BIBLIOGRAFIA

1. ROBERTO MARTIN, 2015, TRATAMIENTO INDUSTRIAL DEL AGUA,

http://www.culligan.es/blog/escasez-de-agua-dulce-causas-consecuencias/

2. INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO 2006: MAS ALLA DE LA ESCASEZ: PODER, POBREZA Y CRISIS MUNDIAL DEL AGUA PNUD, 2006,

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml

3. Lechuga A., J., Rodriguez, M., & Lloveras, J. (2007). Análisis de los procesos para desalinizacion de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnologica. Redalyc. Revista Académica de la FI-UADY,, 5-14

4. Mamani Flores, E. (2012). Diseño, construcción y caracterización de un destilador solar tubular para desalinizar agua de mar.

5. Yabroudi, S. C., Cárdenas, C., Aldana, L., Núñez, J., & Herrera, L. (2011). Desalinización de Agua empleando un destilador solar tubular. Dialnet Plus. Interciencia, 731-737

6. Oscar Ignacio Abad Suarez; Jorge Antonio Tous Hernández. Universidad de Cartagena.

2013.

7. Luis j. Arraez Sanchez; Universidad de Cartagena. 2013.

8. Performance of seawater-mixed concrete in the tidal environment, Tarek Uddin Mohammed, , Hidenori Hamada, Toru Yamaji Port and Airport Research Institute,Nagase, Yokosuka, 2003

9.INTRODUCCION A LA PROBLEMATICA Y ESTUDIO DEL AMBIENTE, http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Material_didactico/leccin_16_generalidades_y_propiedades_del_agua.html

10.PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA DE MAR, http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/sec_5.html

11. Negrete, Valera; Agustin, Jose Pedro; Apuntes de física general, UNAM 2005

12.Frederick S. Merrit, Manual del ingeniero civil, McGraw- Hill, Tercera edición 1992, p. 8-2, 8-3.

13. Ing. Jaime Gómezlurado Sarria, Tecnología y Propiedades, Instituto del Concreto ASOCRETO, 1ra. edición 1997. p 13-14.

14. Orchard, D. F.; Wiley, John & Sons, Concrete Technology, Vol. 3, Properties and Testing of Aggregates, 3a. Edición, New York, 1976

15. Troxell, G. E.; Davis, H. E.; Kelly, J. W.; Composition and Properties of Concrete, McGraw-Hill Book Company, New York, 1968. Steven H. Kosmatka y William C. Panarese, Diseño y control de mezclas de concreto, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,

A.C. primera edición 1992, p. 1. IMCYC (Conceptos básicos del concreto), Diciembre 2004

16. Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. PNUD, 2006. Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. ONU-Agua, FAO. 200

17. Resistencia del concreto. Concreto simple. Rivera. L. G. universidad de Cauca. 2009

18. resistencia a la flexión del concreto. Portilla F. Pérez J.C. Pardo D. 2014

19. norma técnica colombiana NTC 396. Método del ensayo para la determinación de Asentamiento en concreto. 1992. ICONTEC

20. norma técnica colombiana NTC 673. Método del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto. 2010. ICONTEC