

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON
AGUA DEL RIO MAGDALENA**

LUIS J. ARRAEZ SANCHEZ



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

2013

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

LUIS J. ARRAEZ SANCHEZ



Grupo de Investigación:

GEOMAT

Línea de Investigación:

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Proyecto de Grado Para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director:

ING. MODESTO BARRIOS FONTALVO

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

2013

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

NOTA DE ACEPTACION

**Firma del director
MODESTO BARRIOS FONTALVO**

**Firma del jurado
ALVARO COVO TORRES**

**Firma del jurado
ARNOLDO BERROCAL OLAVE**

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

DEDICATORIA

*Me siento agradecido con **el único Dios de los cielos**, el Todopoderoso y omnisciente, el ingeniero y arquitecto del universo complejo en su ajuste fino, por el cual todas las cosas existen. Por haberme permitido vivir hasta este periodo, por ser un ser, ser su creación, dotado de inteligencia y conciencia.*

*Le agradezco a Dios por enviar a su hijo unigénito, **el Señor Jesucristo** para el perdón de nuestros pecados, que murió en una cruz y resucitó.*

Dios te agradezco porque siendo yo una porción demasiado pequeña de materia en todo el universo, me has tenido en cuenta para existir y contribuir con altruismo en beneficio hacia los demás.

*A mis padres **Luis Santiago Arráez Díaz** y **María Sandiego Sánchez Alemán**, por haberme instruido en el buen camino, camino de la justicia y la verdad, desde pequeño. Atentos en exhortarme y orientarme en este arduo pasaje.*

*A mis hermanos **María Claudia** y **Juan David “el tito”**, quienes son una inspiración para seguir mejorando, para ser su ayuda incondicional y ejemplo.*

Quiero honrar a mi padre y mi madre con este título y así honrar a Dios.

Me siento agradecido con mis profesores de primaria, secundaria y universitarios quien con su conocimiento y sabiduría se convirtieron en modelos a seguir para superarme cada día más.

*Especial agradecimiento al profesor **Modesto Barrios Fontalvo** quien encarna exactamente el perfil humano y altruista de docente integro de una universidad pública, personaje el cual nos ha dado a todos los estudiantes las herramienta y confianza necesaria para lograr nuestros objetivos por esfuerzo, merito propio y en beneficio de la comunidad educativa udeceista. Gracias también a la señora **Yecenia Garcia** (secretaria Académica) por su actitud diligente y amable, quien con su inteligencia resuelve con simpleza los inconvenientes que se nos presentan. Como olvidar a **Gledis Martínez** quien es una mujer cuyo placer es trabajar y buscar siempre la excelencia en su labor, he observado muchas secretarias ejecutivas y me permito decir que sin duda alguna, ella es la mejor secretaria ejecutiva que he conocido.*

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Por último agradecer a Dios por la existencia del Club Atlético Boca Juniors, club del cual soy incha, con cuya visión, carácter guerrero y orgullo me siento identificado. Equipo que en cualquier cancha del mundo es local, cuya incha, vaya el equipo perdiendo o ganando, es la única en el mundo que sigue alentando y motivando.

Gracias a Dios porque me dio la oportunidad de ver jugar a Juan Román Riquelme, cuya inteligencia, capacidad y estética igualan los límites de la perfección en la elaboración y diseño de un plan, estrategia para solución de problemas dentro de un campo de juego.

Así mismo en la vida, al igual que lo hace Boca, debemos intentar siempre diseñar planes para solucionar nuestros problemas con la sabiduría que da Dios y nuestro conocimiento adquirido, siempre con justicia y verdad. Retroceder nunca, rendirse jamás, siempre alentarse vayamos perdiendo o vayamos ganando.

Aguante Boca Juniors querido.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

GLOSARIO

Cemento: Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua.

Cemento hidráulico: Cualquier cemento, que fragua y se endurece con agua debido a la reacción química entre el agua y el cemento.

Cemento Portland: Cemento hidráulico producido con clinker Portland y yeso natural. Se comercializa en cinco tipos diferentes.

Concreto: Es una mezcla de cemento como un medio aglutinador, agregados finos (arenas), agregados gruesos (gravas) y agua.

Curado: Tratamiento que se da al concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua que permita el progreso de las reacciones químicas entre el cemento y el agua. Este importante proceso, nos permite obtener buena durabilidad en el concreto.

Dosificación del concreto: Proceso que consiste en pesar o medir volumétricamente los ingredientes del concreto: (arena, grava, cemento y agua), e introducirlos al mezclador.

Durabilidad: Capacidad que tiene la obra para resistir la acción del clima, el ataque químico, abrasión y otras condiciones, a que está expuesta.

Esfuerzo: Magnitud de fuerzas internas por unidad de área producidas por cargas externas. Cuando las fuerzas son paralelas al plano, el esfuerzo es llamado esfuerzo cortante. Cuando las fuerzas son normales al plano, el esfuerzo es llamado normal. Cuando el esfuerzo normal está dirigido hacia la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de compresión. Cuando está dirigido hacia afuera de la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de tensión.

Granulometría: Es la distribución por tamaños de las partículas de los agregados, generalmente expresado en porcentaje.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Hidratación: Proceso muy lento durante el cual el cemento reacciona con el agua para generar los compuestos químicos que aportan la resistencia de concreto.

Impurezas: es una sustancia dentro de un limitado volumen de líquido, gas o sólido, que difieren de la composición química de los materiales o compuestos.

Resistencia a la compresión: se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo $f' c$.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla de contenido

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCION	5
3. MARCO TEORICO.....	8
3.1 EL CONCRETO	8
3.2. COMO ESTA COMPUESTO EL CONCRETO	8
3.2.1. CEMENTO	9
3.2.2. AGUA DE LA MEZCLA DE CONCRETO	14
3.2.3 LOS AGREGADOS.....	18
3.3 PROPIEDADES IMPORTANTES DE CONCRETO.....	20
3.3.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO.....	21
4. OBJETIVOS	25
4.1 OBJETIVO GENERAL	25
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	25
5. METODOLOGIA	26
5.1. RECOLECCION DE LA INFORMACION	26
5.2. RECOLECCION DE LOS MATERIALES DE LA MUESTRA	27
5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL AGUA DE MEZCLADO	43
4.3.1. CLORUROS.....	43
4.3.2. POTENCIAL HIDROGENO (PH).....	44
4.3.3. SULFATOS.....	45
5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE EL CEMENTO	47
5.4.1. FINURA DEL CEMENTO	47
5.4.2. PESO ESPECÍFICO.....	48
5.4.3. CONSISTENCIA NORMAL	49
5.4.4. TIEMPO DE FRAGUADO.....	50
5.5. ENSAYO DE LABORATORIO SOBRE LOS AGREGADOS.....	51
4.5.1. GRANULOMETRIA	51
4.5.2. PESO ESPECÍFICO.....	52
5.5.3. PESO UNITARIO	54

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

5.6. DISEÑO DE MEZCLA.....	55
5.7. PREPARACION DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA	55
5.8 ELABORACION DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS	66
5.9. ANALISIS DE LA INFORMACION	68
6. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	69
6.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL CEMENTO	69
6.1.1. FINURA DEL CEMENTO	69
6.1.2. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO	70
6.1.3. CONSISTENCIA NORMAL	71
6.1.4. TIEMPO DE FRAGUADO	72
6.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	74
6.2.1. GRANULOMETRIA	74
6.2.2. PESO ESPECÍFICO.....	78
6.2.3. PESO UNITARIO	80
6.3. ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL AGUA DEL RIO MAGDALENA	83
6.4. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	95
6.4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO DE 3000 PSI.....	95
6.4.2. RESISTENCIA DE DISEÑO DE 4000 PSI.....	96
6.5 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	98
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
8. BIBLIOGRAFIA.....	138

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes principales del concreto.....	9
Tabla 2. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para concretos....	15
Tabla 3. Efectos de impurezas en el agua de mezclado.	16
Tabla 4. Ensayos de laboratorios de agregados realizados.	51
Tabla 5. Ensayo peso especifico del cemento	69
Tabla 6. Ensayo consistencia normal del cemento	70
Tabla 7. Ensayo tiempo de fraguado	71
Tabla 8. Calculo de porcentaje que pasa cada tamiz para agregados finos	72
Tabla 9 Calculo de porcentaje que pasa cada tamiz para agregados grueso.....	74
Tabla 10. Peso unitario suelto del agregado fino.	81
Tabla 11. Peso unitario compactado del agregado fino.	81
Tabla 12. Peso unitario suelto del agregado grueso.	81
Tabla 13. Peso unitario compactado del agregado grueso.	82
Tabla 14. Resumen de resultados de Laboratorio de la muestra de Agua de Rio.	84
Tabla 15. Resumen de resultados de Laboratorio de la muestra de Agua de Rio y valores de los limites tolerables..	93
Tabla 16. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días Calamar.	98
Tabla 17. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Calamar	99
Tabla 18. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Calamar.	99

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 19. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Calamar	100
Tabla 20. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Cicuco.	1010
Tabla 21. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Cicuco	101
Tabla 22. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Cicuco.....	101
Tabla 23.. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Cicuco	115
Tabla 24. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Talaigua N. ...	116
Tabla 25. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Talaigua N	116
Tabla 26. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Talaigua N ...	116
Tabla 27. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Talaigua N ...	116
Tabla 28. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Mompox	116
Tabla 29. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Mompox	116
Tabla 30. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Mompox	116
Tabla 31. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Mompox.	116
Tabla 32. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Calamar, 3000 psi.....	116
Tabla 33. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Calamar, 4000 psi.....	116
Tabla 34. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Cicuco, 3000 psi.....	116
Tabla 35. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Cicuco, 4000 psi.....	116

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 36. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Talaigua N, 3000 psi	116
Tabla 37. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Talaigua N, 4000 psi	116
Tabla 38. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Mompox, 3000 psi	116
Tabla 39. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Mompox, 3000 psi	116
Tabla 40. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi, agua potable	116
Tabla 41. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi para agua potable.	116

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

1. RESUMEN

Este proyecto de 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 río 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.

El proyecto es una investigación tipo mixta donde se realizó una previa documentación y posteriormente observaciones de los experimentos. Las muestras se tomaron en inmediaciones de los municipios de Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox Bolívar, Colombia.

En primer lugar se realizó un análisis químico al agua extraída del río Magdalena en para determinar algunas sustancias o impurezas que se encuentran presentes en el agua, las que con respecto a nuestro alcance consideramos más perjudiciales en la modificación de la resistencia del concreto en contraste con los valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado, con el propósito de tener una idea de los efectos finales en las propiedades de resistencia y manejabilidad del concreto. Se realizó un análisis físico-químico 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 patrón (potable) y agua de río, realizando los diferentes ensayos establecidos para las propiedades descritas, y comparando los resultados por medio de la norma NSR 10.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Los resultados mostraron que al momento de utilizar agua potable o patrón 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 río 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 nos permite concluir que no es conveniente la utilización de este tipo de agua proveniente del río 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 río Magdalena concluimos que no existe correlación alguna entre los parámetros observados en este proyecto y la resistencia adquirida en concretos de 3000 y 4000 psi.

Palabras claves: Parámetros físico-químicos, concreto, resistencia a la compresión, agua de mezclado, cemento, agregados.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

ABSTRACT

This research project was conducted in order to determine the correlation between some physicochemical parameters and the compressive strength of concrete made with water from the river Magdalena, in turn establish whether the water is suitable for the production of concrete mixes of 3000 and 4000 psi. This contribution is performed through the evaluation of the effects on the properties of workability and strength of cement concrete mixtures.

The research project is a mixed type where documentation was performed prior and subsequent observations of the experiments.

First we performed a chemical analysis of water extracted Magdalena River near the town of the municipalities of Calamar, Cicuco , Bolivar Mompox Talaigua and to determine some substances or impurities which are present in the water, that with respect to us consider most damaging in modifying concrete strength in contrast to the recommended values for impurities in the mixing water , in order to get an idea of the final effects on the properties of strength and workability of concrete. We performed a physical- chemical analysis aggregates from local quarries , then proceeded to mix designs and the development of concrete cylinders at ages 7 and 28 days, using two types of water : water pattern (potable) and river water , performing various tests set for the properties , and comparing the results through NSR 10 .

The results showed that when water or pattern using the different properties were about 97 % to 98 % of those established in the different standards used , but instead to use the water from the river was noted that the properties were in a range between 66 % to 80 % , which are considered unacceptable within the limits set by the standards. This allows us to conclude that it is advisable to use this type of water from the river in the manufacture of structural elements causing structural failure and deterioration early .

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

After physico-chemical analysis done by the laboratory , which analyzed some impurities present in the water of Magdalena river conclude that there is some correlation between the observed parameters and specific acquired resistance in 3000 and 4000 psi

Keywords: physicochemical parameters,namely, resistance to compression, mixing water, cement, aggregates.

2. INTRODUCCION

El concreto es el material resultante de la mezcla de cemento con áridos (grava o canto rodado y arena) y agua. El último y tercer componente que hace parte del concreto, el agua, debido a que es insustituible para dicha elaboración, definitivamente es uno de los elementos principales en el conjunto de la mezcla.

Resulta obvio decir que sin agua no se puede elaborar concretos o morteros, más aún, ni siquiera puede elaborarse una pasta de cemento. Por otra parte, se debe tener en cuenta que el agua y el concreto son dos de los materiales más utilizados por la humanidad, el agua ocupa el primer lugar y el hormigón el segundo. Así, el agua cobra importancia en la fabricación del concreto como: agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado.

Cuando se desconoce la calidad del agua utilizada, su procedencia y composición química, se corre un gran riesgo, porque aunque la relación “*a/c*” sea la adecuada, no se sabe si en el interior del hormigón el agua provocará un beneficio o un inconveniente.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, libre de sustancias como aceites, ácidos, compuestos alcalinos y materia orgánica, ya que cualquier sustancia dañina que esta contenga, aun en pocas proporciones, puede tener efectos adversos significativos en el concreto. Materia orgánica, aceites, o sedimentos pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del hormigón y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

En general, se establece que si el agua es potable, es adecuada para agua de mezclado, y una gran parte de los hormigones se elaboran con agua potable. Sin embargo. Muchas aguas no aptas para beber son satisfactorias para el mezclado. En todo caso, las especificaciones establecen las cantidades máximas de impurezas que pueden ser

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

aceptadas, dependiendo del tipo de hormigón a elaborar. Cuando existen dudas acerca de la calidad del agua de mezclado, se deben extraer muestras para someterlas a ensayos de laboratorio.

Colombia posee una incalculable riqueza hídrica, lo que lleva a utilizar este recurso de una manera artesanal e indiscriminada como sucede en las zonas rurales, siendo un caso típico en los municipios de Mompox, Talaigua Nuevo, Calamar y Cicuco Bolívar, que poseen un incipiente sistema de acueducto, una cobertura insuficiente del mismo o bien las plantas de tratamiento no están funcionando o no existe infraestructura de la misma. Cabe destacar que en todos los municipios mencionados, si existe cierta cobertura de acueducto, el agua no es apta para el consumo humano¹.

En proyectos anteriores en esta línea de investigación, realizados en la Universidad de Cartagena, respectivamente en los años 2010, 2011 y 2012, se ha observado el hecho correspondiente a la disminución de la resistencia en concretos con la utilización de agua del Rio Magdalena en las zonas. Un caso particular es el proyecto del año 2011: Análisis de la Influencia de la Disminución de las partículas en suspensión del Agua del Rio Magdalena, sobre la resistencia de mezclas de Concreto de 3000 y 4000 psi. En este proyecto se observó que al mitigar el efecto de las partículas contenidas en el agua se logró un aumento importante en la resistencia. Esto nos da pie a inferir que existe un contenido que está en la composición físico-química del agua, el cual al realizarse la mezcla, produce una reacción química que disminuye la resistencia de la misma.

¹**PLAN GENERAL ESTRATÉGICO Y DE INVERSIONES– PDA BOLÍVAR** www.pdabolivar.com.co
Aguas de Bolívar S.A. E.S.P - Consorcio Gerencia PDA Bolívar. 2011

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

El segundo proyecto en mención, identificado como Análisis de la influencia del agua del Rio Magdalena sobre la Resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Calamar, realizada por los estudiantes Luis Miguel Padilla Wong y Jonatán Vásquez Coneo, estudiantes de la Universidad de Cartagena en el año 2012, en esta investigación el parámetro sólidos suspendidos se encuentra dentro de los límites tolerables; no siendo así el parámetro materia orgánica el cual está fuera de los límites tolerables y que no se analizó en el proyecto del 2011..

Por ello se tomó como objetivo observar la correlación existente entre los valores de la resistencia a compresión adquirida en función de parámetros físico-químicos existentes en agua del rio Magdalena utilizada para elaboración de concretos con el fin de observar cuales de estos tienen real importancia con relación a la resistencia adquirida.

Los parámetros físico-químicos se evaluaron de acuerdo con los ensayos de calidad del agua contemplados en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento, RAS 2000; estos fueron: potencial de hidrogeno (pH), alcalinidad, carbonato de calcio, sulfatos, cloruros, hierro, dureza, conductividad, turbidez y aluminio. Solo se evaluaron los mencionados pues evaluarlos todos supondría un alto costo según el presupuesto del proyecto, debido a la cantidad de municipios que se han estudiado.

La toma de muestras de agua de rio Magdalena se realizaron en cuatro municipios, ubicados en territorio nacional de Colombia, los cuales son: Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox, todos en el departamento de Bolívar correspondientes a los sitios en donde se han hecho proyectos anteriores en esta línea y tema.

3. MARCO TEORICO

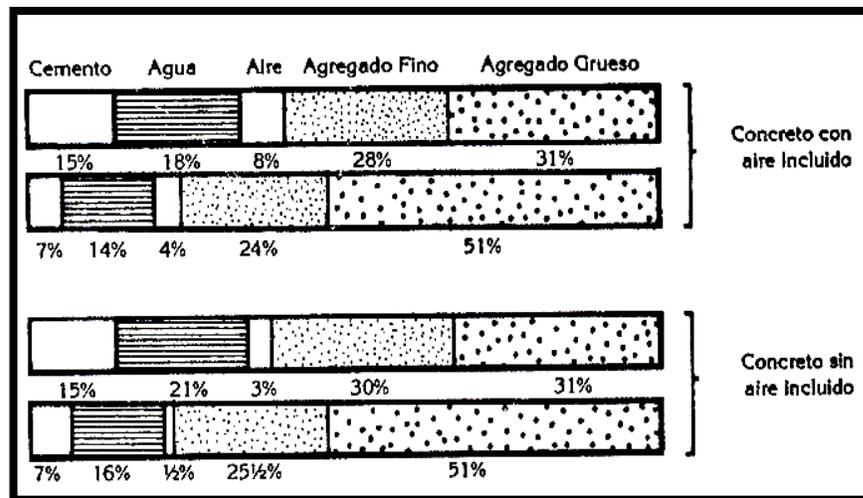
3.1 EL CONCRETO

El concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento portland hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

3.2. COMO ESTA COMPUESTO EL CONCRETO

El concreto está compuesto por cemento, agregados (grava, arena), agua y aire (si es incluido).

Figura 1. Composición del concreto



Fuente: Libro Tecnología del concreto y el Mortero.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

3.2.1. CEMENTO

Es un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

El cemento se conoce también por el nombre de cemento hidráulico, nombre que incluye a todas aquellas sustancias aglomerantes que hacen fraguar y endurecer la mezcla con agua, lo que puede suceder incluso, bajo el agua. Se encuentra entre el 7% y 15% del volumen total de la misma.

Tabla 1. Componentes principales del concreto.

Nombre del compuesto	Composición del óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S
Silicato dicálcico	2CaOSiO_2	C_2S
Aluminio tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminaotetracálcico	$4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: DIEGO SANCHEZ DE GUZMAN.. Tecnología del concreto y el Mortero. 5 ed.

Bogotá: 2001. P 12.

3.2.1.2. Tipos de cementos.

En Colombia, las normas Icontec sobre cemento están basadas en las normas de las ASTM de los Estados Unidos y en la norma NTC 30 se da la siguiente clasificación y nomenclatura.

- **Cemento portland tipo 1:** es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.
- **Cemento portland tipo 2:** es el destinado en general a obras de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo 3:** es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- **Cemento portland tipo 4:** es el que desarrolla bajo calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo 5:** es el que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- **Cemento aluminosos:** se caracterizan por sus propiedades de rápido fraguado y altas resistencias iniciales, son mucho más resistentes a la acción de aguas sulfatadas que los cementos portland tipo 2.
- **Cemento portland blanco:** es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca.
- **Cemento de escoria de altos hornos:** es aquel que se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker portland y escoria granulada finamente molida.
- **Cemento siderúrgico sulfatado:** es aquel que se obtiene proporcionándole sulfato para producir cierto grado de resistencia a ciertos tipos de ácidos, posee buena resistencia a las aguas agresivas.

3.2.1.3. Propiedades físicas del cemento: las propiedades físicas del cemento portland permiten complementar las propiedades químicas y conocer algunos otros aspectos de su bondad como material cementante.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

- **Finura del cemento:** La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días. La finura se mide por medio del ensayo del turbidímetro de Wagner (ASTM C 115), el ensayo Blaine de permeabilidad al aire (ASTM C 204), o con la malla No.325 (45 mieras) (ASTM C 430). Aproximadamente del 85% al 95% de las partículas de cemento son menores de 45 micras.

Figural. Permeámetro de Blaine



Fuente: DIEGO SANCHEZ DE GUZMAN.. Tecnología del concreto y el Mortero.

- **Peso específico o densidad aparente del cemento:** es la relación existente entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varia muy poco y en un cemento portland normal cuando no hay adiciones distintas al yeso, suele estar comprendida entre 3.10 y 3.15 g/cm³.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

$$pesoespecifico = \frac{peso}{volumen}$$

Existen muchos métodos para determinar la densidad del cemento, entre los cuales se encuentra el **Método de Le Chatelier**, **Método de Shuman**, **Método de Mann**, **Método de Candlot** y el **Metodo del Picnómetro**.

El **Método de Le Chatelier** es el más conocido el cual se encuentra específicamente en la norma Icontec NTC- 221, el cual consiste en un frasco que permite medir el volumen correspondiente a una cierta masa de cemento,, por medio de desplazamiento de un liquido, que no reacciona con el cemento (kerosene).

- **Consistencia Normal:** el conjunto de cemento, agua y aire se llama pasta. Los cementos portland pueden diferir entre sí cuando al requerimiento de agua y la diferencia es aun en cementos portland con adiciones, los cuales tiene requerimiento de agua más altos que los cementos normales, por su mayor superficie.

El contenido de agua de una pasta normal se expresa como porcentaje en peso del cemento seco y suele variar entre 23% y 33%, dependiendo de las características del cemento

$$\% \text{ consistencia normal} = \frac{peso \text{ de la agua}}{peso \text{ de la cemento}}$$

La consistencia de una pasta de cemento se mide por medio del **Aparato de Vicat**, y el procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma NTC- 110, el cual consiste en agregar a un volumen conocido de agua a 500g de cemento, que se amasan y colocan en un molde troncocónico. Enseguida se pone la aguja de 10 mm de diámetro de contacto con la superficie superior de la pasta y se suelta. Por la acción de su propio peso (300 g), la aguja penetra en la pasta y la profundidad de penetración depende de la consistencia de la pasta.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Si la penetración es de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, después de 30 segundos de haber soltado la aguja, se considera que la pasta tiene consistencia normal.

Figura 2. Aparato de Vicat



Fuente: Autor

- **Fraguado del cemento:** este término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento. Aunque el fraguado de una pasta requiere alguna resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al momento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

3.2.2. AGUA DE LA MEZCLA DE CONCRETO

El agua es un integrante fundamental en las mezclas de concreto y morteros, pues al ser mezclado con el cemento reacciona químicamente con este para producir la parte sólida y desarrollar resistencia.

- **Agua de mezclado:** el agua de mezclado está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con la fluidez tal, que permita la lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.

La pasta de cemento, inmediatamente se mezclan los materiales, es una mezcla Plástica de cemento y agua que va adquiriendo nueva estructura conforme se produce la hidratación del cemento.

- **Agua no evaporable (hidratación):** el agua de hidratación es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida de gel. Es también llamada no evaporable porque en una porción de pasta hidratada se conserva a 0% de humedad del ambiente y 110°C de temperatura.
- **Agua evaporable:** el agua restante en la pasta, es agua que puede evaporarse a 0% de humedad relativa del ambiente y a 110°C de temperatura, pero no se encuentra libre en su totalidad.
- **Agua de adsorción:** es una capa molecular de agua que se encuentra fuertemente adherida a las superficies del gel por fuerzas intermoleculares de atracción. El agua adsorbida, cuyas distancias con respecto a la superficie del gel están en intervalos de 0 a 30 Å (Angstrom= 0.0000001 mm), se llama también agua activa.

En la siguiente tabla se muestran los valores límites recomendados para las impurezas en el agua de mezclado:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 2. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para concretos

IMPUREZAS	CONCENTRACION MAXIMA TOLERABLE (PPM)
Carbonato de sodio y potasio	1.000
Cloruro de sodio	20.000
Sulfato de sodio	10.000
Sulfato, SO ₄	3.000
Carbonato de calcio y magnesio, como ión bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40.000
Sulfato de magnesio	25.000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000
Ph	6,0 a 8,0
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	0.5%
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	1.2%
Azúcar	500
Partículas en suspensión	2.000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35000

Fuente: DIEGO SANCHEZ DE GUZMAN.. Tecnología del concreto y el Mortero. 5 ed.

Bogota: 2001. P 30.

Para corroborar estas teorías se realizan ensayos de resistencia sobre cilindros a los 7, 14 y 28 días de edad para determinar si el agua es apta para su utilización. De esta manera si la

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

resistencia encontrada para los ensayos resulta ser menor de 90% en comparación con la muestra patrón.

A continuación se detalla los efectos de ciertas impurezas en el agua de mezclado en la calidad del concreto.

Tabla 3. Efectos de impurezas en el agua de mezclado.

TIPO DE IMPUREZA	EFFECTOS
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	El bicarbonato de sodio puede tanto acelerar como retardar el fraguado y en altas concentraciones (mayores de 1.000 ppm) puede afectar la resistencia del concreto. Los carbonatos (calcio, magnesio, estaño, cobre, zinc, yodatos, fosfatos, arsenatos y boratos) pueden retardar mucho el fraguado y la adquisición de su resistencia.
Sales de hierro	Las sales de hierro en concentración hasta de 40.000 ppm usualmente no presentan efectos adversos en la resistencia de un concreto o un mortero.
Aguas acidas o básicas	Las aguas acidas con valores de PH por debajo de 3 pueden crear problemas de manejo y deben ser evitadas en lo posible. Aguas de concentración de hidróxido de sodio del 0.5% por peso del cemento no afectan las resistencias o los fraguados. Sin embargo más altas concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto.
Azúcar	Pequeñas cantidades (0.03% al 0.1% en peso de cemento) retarda el fraguado del cemento y disminuyen le resistencia inicial pero la aumentan a los 28 días. Cantidades iguales o mayores de 0.25% puede causar un

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

	fraguado rápido y una sustancial reducción de resistencia a los 28 días.
Partículas en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) de partículas de arcilla o limos pueden no afectar la resistencia pero si influir en otras propiedades de algunas mezclas de concreto.
Aceite	El aceite mineral (petróleo) por si solo tiene menos efectos sobre el desarrollo de la resistencia del concreto que los aceites animales o vegetales. Pero el aceite derivado del petróleo en concentraciones superiores al 2% puede reducir la resistencia del concreto en un 20%.
Aguas negras	Si la concentración es menor de 200ppm su uso queda por alternativa del ingeniero. En cantidades superiores preferiblemente no debe usarse. Si después de ser tratada se reduce la concentración a 20 ppm o menos no afecta considerablemente la resistencia del concreto.
Agua de mar	El agua de mar por su alto contenido de cloruro produce una alta resistencia a temprana edad pero posteriormente su efecto es adverso a reducir la resistencia a un 15%, además corroe el refuerzo y mancha la superficie exterior del concreto.
Sólidos en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) afectan la resistencia e influir en otras propiedades de algunas mezclas de concreto como el tiempo de fraguado.
Material orgánico	Concentraciones altas (mayores a 2.000 ppm) de partículas afectan el tiempo de fraguado del concreto.

Fuente: DIEGO SANCHEZ DE GUZMAN.. Tecnología del concreto y el Mortero. 5 ed.

Bogota: 2001. P 32.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

3.2.2.2 Agua de curado: el agua de se define como el conjunto de condiciones necesarias para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el concreto alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. El agua de curado constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento.

3.2.3 LOS AGREGADOS

Los agregados constituyen aproximadamente el 70 al 80 % del volumen total del concreto. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

Figura 3. Agregados.



Fuente: Autor

3.2.3.1 Clasificación

Los agregados se clasifican según el tamaño, procedencia y densidad.

- **Según su tamaño.**

Agregado grueso.- Agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm); o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm).

El agregado grueso utilizado en nuestro medio es denominado “Grava”, que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta.

Agregado fino. Agregado que pasa por el tamiz de 3/4 in (9.5 mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 75 μ m); o bien, aquella porción de un agregado que pasa por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm) y es retenida de modo predominante por el No. 200 (de 75 μ m).

El agregado fino utilizado en nuestro medio se denomina “Arena”, este resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta

- **Según su procedencia.**

Agregados naturales.- Formados por procesos geológicos.

Agregados artificiales.- Proviene de un proceso de transformación de los agregados naturales, dichos agregados artificiales son productos secundarios. Algunos de estos agregados son los que constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el hormigón reciclado, piedra triturada (chancada), etc.

Piedra triturada.- Producto que resulta de la trituración artificial de rocas, piedra boleada o pedruscos grandes, del cual todas las caras poseen aristas bien definidas, resultado de la operación de trituración.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Escoria siderúrgica.- Residuo mineral no metálico, que consta en esencia de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, y que se produce simultáneamente con la obtención del hierro.

- **Granulometría**

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (*norma ASTM C 136*). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar *ASTM C 33* para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 (150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma *ASTM D 448* enlista los trece números de tamaño de la *ASTM C 33*, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción.

3.3 PROPIEDADES IMPORTANTES DE CONCRETO

El concreto se puede encontrar en estado fresco o estado endurecido y en cada uno de estos se presentan diferentes propiedades que determinan su desempeño y rendimiento.

3.3.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

Existen dos propiedades importantes. La primera tiene que ver con el proceso de curado de la mezcla y la resistencia obtenida después de fraguado.

3.3.2.1. Resistencia.

Es la propiedad más importante del concreto, ya que en forma directa influye en las demás características de significado práctico. Los concretos más resistentes son más densos, menos permeables y más resistentes al intemperismo y ciertos agentes destructivos. Por otro lado los concretos resistentes usualmente exhiben mayor contracción por fraguado y menor extensibilidad, por lo tanto son más propensos al agrietamiento. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los esfuerzos de tracción, razón por la cual la resistencia a la compresión simple es la propiedad más importante.

3.3.2.2. Resistencia mecánica.

Se divide en tres tipos de resistencia: Resistencia a la compresión, Resistencia a la tracción y Resistencia a la flexión.

- **Resistencia a la Compresión:** la resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/Cm^2) a una edad de 28 días.

Con esta se mide o verifica la calidad del cemento y varía según las especificaciones. La resistencia se puede medir a través de cilindros normalizados que tiene un Diámetro de 6" y una altura de 12". La cual se encuentra especificada en la Norma Técnica Colombiana (NTC 673).

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Se llena el molde en tres capas y se compacta con una varilla lisa y de punta redondeada, se espera 24 horas para desencofrarlas y posteriormente someterlas a curado, referenciándolas con fecha y elemento.

Según la resistencia a la compresión, el concreto se clasifica en:

Normal	14 a 42 Mpa
Resistente	42 a 100 Mpa
Ultra resistente	> 100 Mpa

- **Resistencia a la Tensión:** el valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente entre el 8% y el 12% de sus resistencia a la compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.
- **Resistencia a la Flexión:** se realiza a través de viguetas normalizadas. El ensayo es igual al de la compresión por medio de cilindros.
Las propiedades del concreto endurecido parten del concreto fresco y de la fabricación, colocación y curado.
- **Resistencia al fuego.** Hace parte de la durabilidad o resistencia del concreto a los factores como la abrasión, sustancias químicas, etc. Ante el fuego, el triturado calizo tiene un mejor comportamiento que la china, mas aun así, el concreto normalmente falla a unos 500 a 600 °C.

3.3.2.3. Factores que inciden en la resistencia

- **Contenido de cemento:** La resistencia del concreto aumenta con la proporción de cemento en la mezcla, hasta que se alcanza la resistencia del cemento o el agregado, según el que sea más débil.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- **Relación agua-cemento (A/C):** La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado.
Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que a mayor cantidad de agua, menos resistencia.
- **Influencia de los agregados:** Las características de los agregados que influyen sobre la resistencia del hormigón son el tipo, la forma, textura, tamaño máximo, solidez, gradación y limpieza de la partícula.
- **Tipo de agregado**
Por lo general, el efecto sobre la resistencia del hormigón del tipo de agregado con peso normal, propiedades y gradación satisfactorias, es pequeño, debido a que los agregados son más fuertes que la pasta de cemento.

Tamaño máximo

Conforme se aumenta el tamaño máximo del agregado en una mezcla de hormigón de un revenimiento dado, se disminuyen los contenidos de agua y de cemento, en kg/m³ de hormigón.

- **Fraguado del concreto**
Es un factor importante en la resistencia del concreto, ya que es necesario determinar el tiempo del fraguado para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad del fraguado con el fin de regular los tiempos de mezclado y transporte.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- **Edad del concreto:** este factor está ligado a la relación que hay entre la relación agua cemento y la resistencia del concreto, ya que la misma se da únicamente con un tipo de cemento y a una sola edad.

- **Curado del concreto:** este factor aumenta o disminuye la resistencia del concreto de acuerdo a la intensidad del secamiento con que se efectúe el proceso de fraguado.

Temperatura: la temperatura de curado del concreto afecta su resistencia, porque si se aumenta la temperatura durante este proceso, acelerara las reacciones químicas de la hidratación y esto aumentara la resistencia temprana del concreto, sin efectos contrarios en la resistencia posterior.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Observar la correlación existente entre los valores de la resistencia a compresión adquirida en función de parámetros físico-químicos existentes en agua del río Magdalena utilizada para elaboración de concretos.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar las condiciones físico-químicas del agua proveniente del río Magdalena en los municipios de Mompox, Talaigua Nuevo, Calamar y Cicuco Bolívar de acuerdo con los Ensayos de calidad del agua contemplados en el Reglamento de Agua potable y Saneamiento, RAS 2000.
- Determinar por medio de ensayos realizados sobre cilindros de concreto (NTC 673), el efecto del agua cruda del río en las propiedades de las mezclas de concreto durante el tiempo de fraguado y el endurecimiento de las mismas.
- Comparar los resultados de los dos tipos de agua y establecer si es conveniente el uso del agua cruda del río para el agua de mezclado del concreto en zonas rurales y determinar si es necesario modificar la mezcla.
- Establecer la correlación existente entre los parámetros fisicoquímicos y su incidencia en la resistencia a la compresión.
- Generar hipótesis de la disminución de la resistencia a la compresión por la utilización de agua del río Magdalena.

5. METODOLOGIA

La investigación realizada es de tipo mixta porque incluye una documentación bibliográfica y un posterior estudio experimental acerca de la probable influencia que tienen algunos parámetros físico-químicos en la modificación de la resistencia a compresión de concretos elaborados con agua del río Magdalena. Una previa documentación y posteriormente estudios experimentales, en donde pudimos analizar varios aspectos, los cuales fueron: verificación de la calidad del agua muestreada, observación de algunos parámetros físico-químicos presentes en agua de río Magdalena y su probable correlación con la resistencia adquirida en especímenes de concreto.

El tiempo de realización del estudio fue de 4 meses. Se inició en abril 01 de 2013 con la recolección de información posteriormente se realizaron las demás actividades, se analizaron los resultados obtenidos luego de la rotura del último espécimen de muestra en la fecha de 05 de julio de 2013 y se compararon y correlacionaron los resultados como se indica a continuación.

5.1. RECOLECCION DE LA INFORMACION

Se comenzó con una fase exploratoria en la cual se realizó un minucioso análisis de la literatura existente, comenzando con la recopilación de bibliografía relacionada con el cemento, concreto, tipos de agua, estado del arte del tema a nivel local y nacional, temas relacionados. Esta actividad comenzó el 01 de abril de 2013.

5.2. RECOLECCION DE LOS MATERIALES DE LA MUESTRA

Para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizaron los siguientes materiales:

- **Cemento:** Se empleó cemento Argos tipo I, de uso general (Ver figura 5), el cual es muy utilizado en el sector de la construcción tanto a nivel urbano como rural, a nivel local y nacional.

Figura 5. Tipo de cemento utilizado para elaboración de concreto



Fuente: Autor.

- **Agregado fino:** se usará arena natural lavada proveniente de canteras locales. (Ver figura 6)

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 6. Arena utilizada para elaboración de concreto



Fuente. Autor.

- **Agregado grueso:** El agregado grueso fue canto rodado comúnmente conocido en la región como “China”. Ver Figura 7.

Figura 7. Agregado grueso utilizado en la elaboración de concreto



Fuente: Autor.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- **Agua de mezclado:** para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizaron muestras de agua provenientes del Rio Magdalena y agua potable (muestra patrón).

A continuación describiremos en orden cronológico las fechas de las actividades relacionadas con la recolección del agua de mezclado:

-Primer viaje: Calamar, el día abril 23 de 2013.

-Segundo viaje: Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompo, el día abril 25 de 2013.

-Tercer viaje: Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompo, el día julio 04 de 2013

Para el primer y segundo viaje adoptamos los recursos materiales y recursos humanos necesarios para realizar la toma de muestras de agua. Se llevaron dos recipientes de 20 litros de capacidad por sitio intervenido, correspondiente a una cantidad de agua que se utilizó para elaboración de los ensayos de la norma NTC 673 (ensayo de la resistencia a la compresión).

Así, al municipio de Calamar le corresponde dos recipientes de 20 litros, al municipio de Cicuco dos recipientes de 20 litros, al municipio de Talaigua Nuevo dos recipientes de 20 litros y al municipio de Mompo dos recipientes de 20 litros. Se tomaron 180 litros en total.

Cabe destacar que en este primer y segundo viaje respecto a la cantidad de agua tomada para los ensayos físico-químicos hubo un inconveniente ya que el objetivo era realizar el análisis en el laboratorio en un plazo no mayor de 24 horas, esto no sucedió así por inconvenientes, motivo por el cual fue necesario realizar un tercer viaje para tomar las muestras y enviarlas en el tiempo requerido.

El tercer viaje se realizó el día 04 de julio de 2013. Nos dotamos de una nevera de icopor, con hielo dentro, para mantener la temperatura interna baja (Ver figura 28). Por sitio de recolección llevamos dos recipientes de 600 ml (mililitros) cada uno. Así, al municipio de Calamar le corresponde dos recipientes de 600 ml, al municipio de Cicuco dos recipientes de 600 mililitros, al municipio de Talaigua Nuevo dos recipientes de 600 mililitros y al

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

municipio de Mompo dos recipientes de 600 mililitros. Se tomaron 4800 mililitros, equivalentes a 4.8 litros en total.

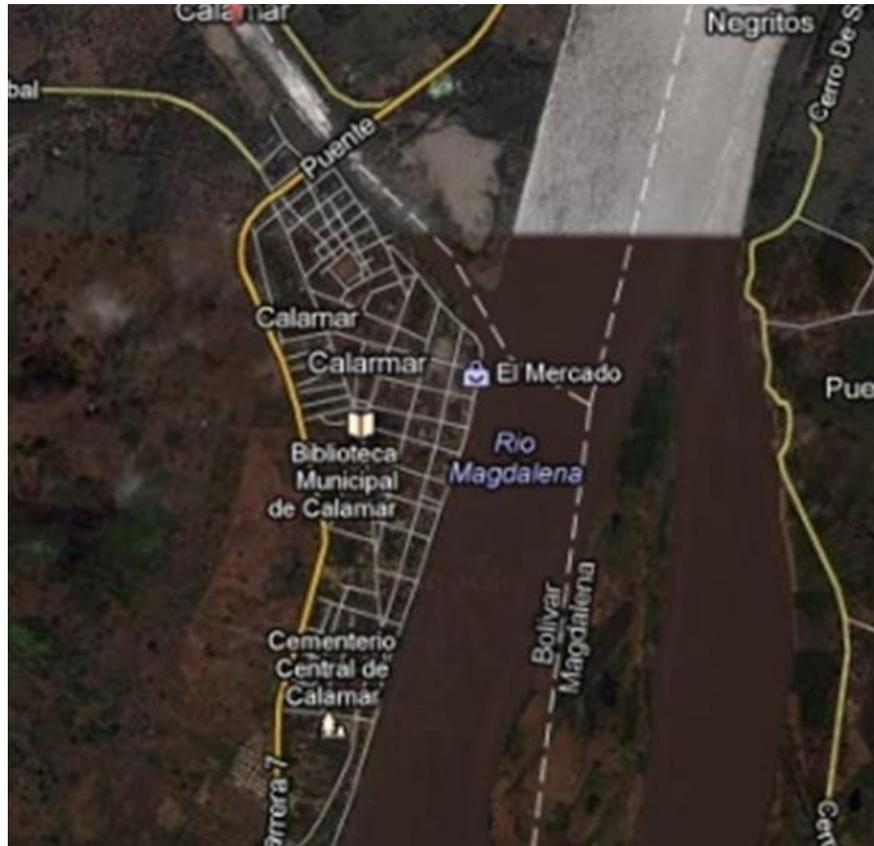
Se procedió a enviar el agua tomada el mismo día en las horas de la tarde al LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO DE AGUAS Y ALIMENTOS MIGUEL TORRES BENEDETTI ubicado en la ciudad de Cartagena Bolívar.

A continuación un registro fotográfico según los viajes realizados:

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

El Primer viaje se realizó al municipio de Calamar (Bolívar). La muestra de agua fue tomada el día 23 de abril de 2013.

Figura 9. Sitio de estudio, Calamar Bolivar



Fuente: Google Earth

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

La toma de muestras se realizó a orillas del río Magdalena, justo enfrente de El Mercado de Calamar. (Figura 12)

Figura 10.Recolección de la muestra de agua para el estudio, Calamar Bolivar.

Puente.



Fuente: Autor.

Figura 11.Recolección de la muestra de agua para el estudio, Calamar Bolivar.

Mercado (1/2).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 12.Recolección de la muestra agua para el estudio, Calamar Bolivar.

Mercado (2/2).



Fuente: Autor.

Figura 13. Recolección de la muestra de agua para el estudio, Calamar Bolívar.

Orilla rio (1/4).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 14.Recolección de la muestra agua para el estudio, Calamar Bolívar.

Orilla rio (2/4).



Fuente: Autor

Figura 15.Recolección de la muestra agua para el estudio, Calamar Bolívar.

Orilla rio (3/4).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 16.Recolección de la muestra agua para el estudio, Calamar Bolívar.

Orilla rio (4/4).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

El segundo viaje se realizó a los municipios de Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox (Bolívar): la muestra de agua fue tomada el día 25 de abril de 2013.

Figura 17. Recolección de la muestra agua para el estudio, Sitio de espera situado en Maganguè Bolívar en donde parte un “ferri” hacia Cicuco (1/1).



Fuente: Autor

Figura 18. Recolección de la muestra agua para el estudio. Transportador “Ferri” para traslado de Maganguè a Bodega.



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 19. Recolección de la muestra agua para el estudio. Transportador “Ferri” para traslado de Magangue a Bodega, arribo.



Fuente: autor.

Figura 20. Recolección de la muestra de agua para el estudio. Cicuco Bolívar (1/4).



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 21. Recolección de la muestra de agua para el estudio. Cicuco Bolívar (2/4).



Fuente: Autor.

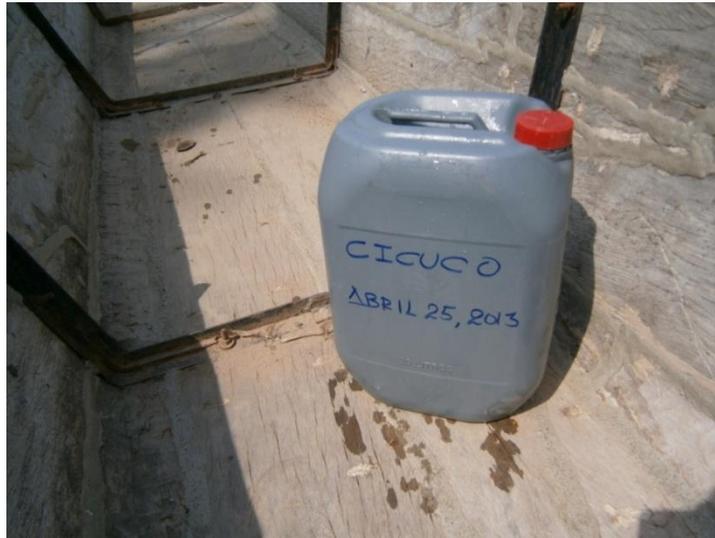
Figura 22. Recolección de la muestra de agua para el estudio. Cicuco Bolívar (3/4).



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 23. Recolección de la muestra de agua para el estudio. Cicuco Bolívar (4/4).



Fuente: Autor.

Figura 23. Recolección de la muestra agua para el estudio. Talaigua Nuevo Bolívar (1/2).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 24. Recolección de la muestra agua para el estudio. Talaigua Nuevo Bolívar (2/2).



Fuente: Autor.

Figura 25. Recolección de la muestra agua para el estudio. Mompox Bolívar (1/3).



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 26. Recolección de la muestra agua para el estudio. Mompox Bolivar (2/3).



Fuente: Autor.

Figura 27. Recolección de la muestra agua para el estudio. Mompox Bolivar (3/3).

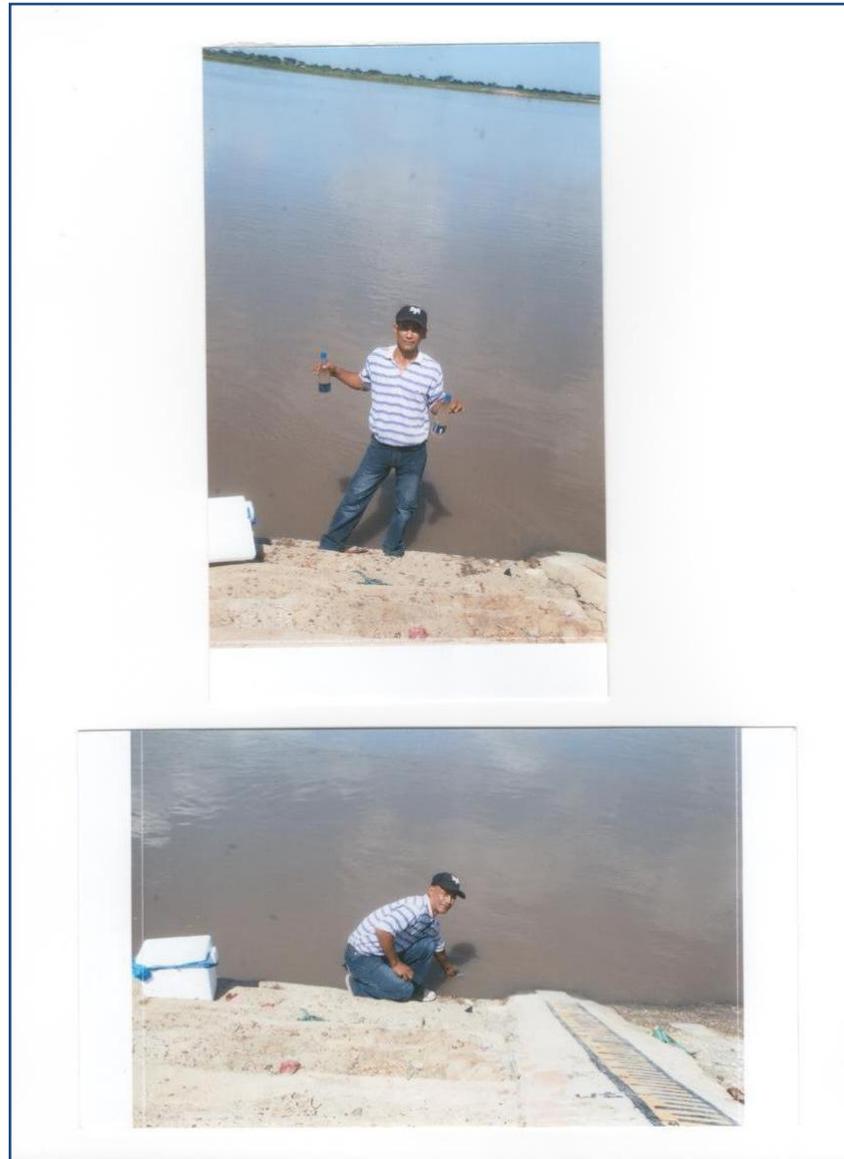


Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

El tercer viaje se realizó a los municipios de: Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox. Se realizo el día julio 04 de 2013.

Figura 28.Recolección de la muestra agua para el estudio. Agua para análisis físico-químico. Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox Bolivar.



Fuente: Autor.

5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL AGUA DE MEZCLADO

Se procedió a enviar el agua tomada el día 04 de julio en las horas de la tarde al LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO DE AGUAS Y ALIMENTOS MIGUEL TORRES BENEDETTI. Ubicado en Cartagena Bolívar.

Se determinó las propiedades físicas de las muestras basándose en las normas técnicas colombianas (NTC), desarrolladas por el instituto colombiano de normas técnicas (ICONTEC), para ello se realizaron los siguientes ensayos a las muestras de agua traídas del sitio de estudio:

4.3.1. CLORUROS

Metodo Argentometrico

En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato de potasio puede indicar el punto final de titulación del nitrato de plata de los cloruros. El cloruro de plata se precipita cuantitativamente antes de que se vuelva rojo el cromato de plata.

Materiales

- Frasco erlenmeyer, (250ml).
- Bureta, (50ml).
- Probeta, (100 ml)

Reactivos

- Solución indicadora de cromato de potasio.
- Solución titulante de nitrato de plata estándar 0.0141N.
- Cloruro de sodio estándar 0.0141

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Preparación de reactivos

Solución indicadora de cromato de potasio: se disolvió 50g de K_2CrO_4 en un litro de agua destilada. Adicionar solución de $AgNO_3$ hasta que se formó un precipitado rojo. Luego pasadas 12h, se filtro y se diluyo a 1.0l con agua destilada.

Solución titilante estándar de nitrato de plata 0.0141N: se disolvió 2395 g de $AgNO_3$ en agua destilada y diluyó hasta completar 1000 ml. Estandarizar con $NaCl$ 0.0141 N; 1.00 ml = 500 μg Cl. Luego se almaceno en una botella café.

Cloruro de sodio estándar 0.0141 N: Se disolvió 824mg de $NaCl$ (secados a $140^\circ C$) en agua destilada y diluir a 1000ml; 1.00ml = 500 μg Cl.

Procedimiento

- a) Se hizo un blanco por el método de titulación. No es usual un blanco de 0.2 a 0.3ml.2.
- b) Se tomó 100 ml de muestra o una porción diluida a 100ml.3.
- c) Se adicionó tres gotas de fenolftaleína.
- d) Se ajustó el pH de la muestra entre 7 o 10 con H_2SO_4
- e) Se Adicionó 1.0 ml de la solución indicadora de K_2CrO_4
- f) Titular con la solución estándar de $AgNO_3$ hasta obtener un color ladrillo

4.3.2. Potencial hidrogeno (PH)

NORMAS: ICONTEC 92, INV E23, ASTM C29

Materiales:

- PeachimetroShott o Metrohm

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- Agua destilada

PROCEDIMIENTO:

Para el pH se hizo necesario estandarizar el equipo con una sustancia llamada Buffer que se puede adquirir con diferentes pH o se puede preparar de 4 y 7, se calibra el equipo con dos de ellas cuidando de limpiar con agua destilada y secar el electrodo, para evitar errores en las lecturas. Una vez estuvo listo se colocó la muestra en un vaso y se procedió a su determinación introduciendo el electrodo. Al final se leyó la escala o pantalla dependiendo del equipo

4.3.3. SULFATOS

Materiales

- Agitador magnético
- Fotómetro
- Espectrofotómetro
- Fotómetro de filtro
- Cronómetro
- Cuchara de medida

PROCEDIMIENTO

Se midieron 100 ml de muestra o una porción adecuada llevada a 100 ml, en un erlenmeyer de 250ml. Se añadió 20 ml de solución tampón y mézclase en un agitador. Mientras se agita, añádase una cucharada de cristales de $BaCl_2$, empezando el recuento de tiempo inmediatamente. Agítase durante 60 ± 2 segundos a velocidad constante.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tras finalizar el periodo de agitación, se vertió la solución en la cubeta del fotómetro y mídase la turbidez a los 5 ± 0.5 minutos

Se calculó la concentración de SO_4^{2-} en la muestra comparando la lectura de la turbidez con una curva de calibrado preparada sometido a los patrones SO_4^{2-} al método completo.

-Dureza total

Metodo: Titulometria

-Dureza cálcica

Metodo: Titulometria

-Conductividad

Metodo: Conductimetria

-Hierro

Metodo: Colorimetria

-Turbidez

Metodo: Colorimetría

-Aluminio

Metodo: Colorimetria

5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE EL CEMENTO

Se determino las propiedades físicas de las muestras basándose en las normas técnicas colombianas (NTC), desarrolladas por el instituto colombiano de normas técnicas (ICONTEC), para ello se realizaron los siguientes ensayos a las muestras de agua traídas del sitio de estudio:

5.4.1. FINURA DEL CEMENTO

NORMAS: ICONTEC 226, INV E155, ASTM C184

Materiales

- Balanza de sensibilidad 0.01 gr
- Tamiz N°200
- Cepillo o brocha
- 50gr de cemento fresco y seco

PROCEDIMIENTO:

Se coloco una muestra de 50gr de cemento fresco y seco sobre el tamiz N°200 que también debe estar limpio y seco y con una tapa en su fondo o en su defecto un recipiente en el cual caiga el cemento que pasa a través del tamiz.

El tamiz N°200 se caracteriza por que sus aberturas son de 0.074 mm (0.0029 in) y el diámetro nominal de su alambre es de 0.053 mm.

Luego se depositó el cemento en el tamiz, se procedió al proceso con un movimiento lento de muñeca sosteniendo el tamiz con ambas manos, hasta que pase la mayor cantidad de material fino y el residuo obtuvo una apariencia limpia. Se procedió a limpiar el tamiz con el cepillo para evitar que se obstruyeran con el paso del material fino.

Después de pasado un tiempo se procedió a rodar el tamiz a dar suaves golpes sobre las paredes de este, que según las especificaciones fueron 150 veces por minuto, teniendo en

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

cuenta que cada 25 golpes se giró el tamiz aproximadamente la sexta parte de la revolución, en el mismo sentido.

Para revisar que el proceso ya había finalizado se colocó una hoja en blanco debajo del tamiz, cuando se observó que no caía material sobre esta, indicaba que ya el material fino había pasado a través del tamiz y que solo quedaba el material grueso.

5.4.2. PESO ESPECÍFICO

NORMAS: ICONTEC 221, INV 162, ASTM C188

Materiales

- Frasco de Le Chatelier
- Balanza electrónica.
- Recipiente de baño de maría
- Termómetro.
- Cemento portland tipo I
- Kerosene
- Hielo

PROCEDIMIENTO:

Se llenó el frasco de Le Chatelier con kerosene hasta un punto entre las marcas 0 y 1 ml asegurándose que quedo seco en el interior por encima del nivel del liquido.

Luego colocamos el frasco en un baño de agua a temperatura ambiente durante un tiempo suficiente con el fin de evitar variaciones mayores de 0.2°C en la temperatura del liquido dentro del frasco, se anotó la primera lectura (L_0)

Luego, se agregó 64 gramos de cemento Portland tipo I, en pequeñas cantidades teniendo cuidado de no derramar el liquido ni untar las Paredes por encima del nivel.

Después de agregar todo el cemento, y evitando que se saliera del contenido del frasco, se giro en posición inclinada y en círculos horizontales, hasta que no ascendieron burbujas a la superficie del liquido.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Por último se colocó el frasco nuevamente en el baño de agua, para alcanzar la temperatura inicial, para luego de una hora aproximadamente tomar la lectura final (L_f).

5.4.3. CONSISTENCIA NORMAL

NORMAS: ICONTEC 110, INV C164-58, ASTM C187-55

Materiales

- Aparato de Vicat
- Balanza
- Probetas graduadas de vidrio
- Guantes de goma
- Palustre
- Recipientes
- Cemento Portland tipo I
- Superficie lisa no absorbente
- Espátula

PROCEDIMIENTO:

Sobre una superficie no absorbente, se colocaron 500 gr de cemento en forma de cono, previamente pesados en la balanza, haciendo un orificio en su interior sobre el cual se vertió agua y se llenó con el cemento que lo rodea utilizando el palustre.

A continuación se mezcló con las manos, para darle a la pasta una forma esférica y pasarla 6 veces de mano a mano. Se llenó completamente por base mayor el molde, para luego quitarle el exceso en esta base con un solo movimiento con la palma de la mano. Después colocamos la placa de vidrio sobre esta base, volteando todo en conjunto de tal manera que niveláramos con un palustre la pasta en la base menor.

El conjunto constituido por la placa, la pasta y el molde se llevó a aparato y se centró bajo el vástago, el cual se hace descender hasta que la sonda toque la superficie de la pasta y se fija en esta posición luego se lleva el índice hasta que coincida con el cero superior. Finalmente esta se dejó caer durante 30 segundos.

5.4.4. TIEMPO DE FRAGUADO

De acuerdo con las NORMAS: ICONTEC C118, INV E158, ASTM C191

Se utilizaron los siguientes elementos y Materieles en el laboratorio de la Universidad de Cartagena.

Materiales

- Aparato de Vicat
- Balanza
- Probetas graduadas de vidrio
- Guantes de goma
- Palustre
- Recipientes
- Cemento Portland tipo I
- Superficie lisa no absorbente
- Espátula
- Cámara húmeda

PROCEDIMIENTO:

Sobre una superficie no absorbente, se colocaron 500 gr de cemento en forma de cono, previamente pesados en la balanza, haciendo un orificio en su interior sobre el cual se vertió el 25% de agua, es decir, 125 ml y se lleno con el cemento seco que lo rodea utilizando el palustre.

A continuación se mezcló con las manos, para darle a la pasta una forma esférica y pasarla 6 veces de mano a mano. Se lleno completamente por base mayor el molde, para luego quitarle el exceso en esta base con un solo movimiento con la palma de la mano. Después colocamos la placa de vidrio sobre esta base, volteando todo en conjunto de tal manera que niveláramos con un palustre la pasta en la base menor. Inmediatamente después de terminado el moldeo se colocó la muestra en el cuarto o cámara húmeda.

La muestra usada para determinar el tiempo de fraguado se mantuvo dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos, después se moldeo sin que sufra ninguna alteración, luego se

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

determinó la penetración de la aguja en ese instante, y se repitió el mismo procedimiento cada 15 minutos hasta que se obtuvo una penetración menor que 25 mm.

5.5. ENSAYO DE LABORATORIO SOBRE LOS AGREGADOS

Se determinaron las propiedades físicas de cada agregado basándose en las normas técnicas colombianas (NTC), para ello se realizaron los siguientes ensayos a los agregados.

Tabla 1. Ensayos de laboratorios de agregados realizados.

AGREGADO GRUESO

- Análisis Granulométrico (NTC 32)
- Peso específico
- Peso unitario
- Masa unitaria suelta y compactada

AGREGADO FINO

- Análisis Granulométrico (NTC 32)
- Peso específico
- Peso unitario
- Masa unitaria suelta y compactada

Lo anterior se hizo con el fin de seleccionar unos buenos agregados capaces de proporcionar un buen comportamiento en la mezcla de concreto.

4.5.1. GRANULOMETRIA

NORMAS: ICONTEC 77, INV E16, ASTM C117

Se utilizaron los siguientes elementos y materiales en el Laboratorio de la Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar:

- Balanza
- Tamices serie gruesa: 1 1/2" – 1" – 3/4" – 1/2" – 3/8"- N°4
- Tamices serie fina : N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 - N°100 - N° 200
- Recipientes
- Agua limpia
- Muestra de agregado grueso
- Muestra de agregado fino
- Pala

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- Palustre
- Estufa eléctrica u horno eléctrico

PROCEDIMIENTO:

Se cuartearon las muestras de agregado grueso y fino. Se tomó una muestra de 1500 gr para el agregado grueso y 1000 gr para el agregado fino.

Inicialmente se tomaron los pesos secos de la muestra, para posteriormente someter estas al proceso de tamizado, por medio de la serie de tamices elegidos y con movimientos de zigzag para los agregados de tipo fino/grueso se acomodaran en sus respectivos tamices. Finalmente se midieron las masas en cada tamiz para cada uno de los agregados finos/gruesos

4.5.2. PESO ESPECÍFICO

NORMAS: ICONTEC 176 – 237, INV E12-E22, ASTM C137- C128

Materiales

- Canasta de alambre
- Recipiente para la inmersión de la canasta
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr
- Estufa eléctrica
- Vasijas
- Panola seca
- Agua destilada
- Picnómetro
- Corriente de aire seco (ventilador)
- Molde cónico
- Probeta

PROCEDIMIENTO:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

AGREGADO GRUESO: primero se cuarteó una muestra representativa de agregado grueso. Luego se lavó el agregado grueso para eliminar el polvo o material adherido a sus superficies y por último se sumergió en agua un tiempo de 24 horas.

Luego se secaron los fragmentos de agregado para eliminar las películas visibles de agua en la superficie, y así se determino el peso saturado y el seco superficialmente y por último se tamizo por la maya #4.

Luego se tomó la muestra, y con una balanza electrónica se pesó colocándola en una canasta de alambre y sumergida en el agua, con esto se halló el volumen de agua desplazada. Por último se seco la muestra en la estufa y se determino su peso seco en el aire.

AGREGADO FINO: primero se cuarteó una muestra representativa de agregado fino. Luego se sumergió totalmente la muestra en un recipiente de agua durante 2 horas. Se extendió la muestra sobre una superficie no absorbente, y se expuso a una corriente suave de aire caliente y se agito con frecuencia para conseguir un secado uniforme. La operación se dio por terminada hasta que se observó que las partículas de agregado fino estuvieran sueltas, y además se tomó el peso superficialmente seco de la muestra de agregado fino.

Luego se tomó 500 gramos de la muestra y se introdujo en el picnómetro, y se lleno el mismo hasta sus $2/3$ partes con agua, para así poder eliminar las burbujas del aire.

Por último se tomo el peso del picnómetro más el agua y el material, y además se realizó el mismo procedimiento que para agregado grueso, se secó la muestra y se determino el peso seco en el aire.

5.5.3. PESO UNITARIO

NORMAS: ICONTEC 92. INV E 23, ASTM C29

Materiales

- Balanza de sensibilidad 1g y 0.1 g
- Recipiente cilíndrico de $\frac{1}{2}$ pie³ = 0.014 m³ para agregado grueso
- Recipiente cilíndrico de $\frac{1}{10}$ pie³ = 0.0028 m³ para agregado fino
- Palustre
- Pala
- Varilla

PROCEDIMIENTO:

Se realizó de dos maneras, con los agregados sueltos y compactados.

Agregados compactados: se tomó una muestra representativa de los agregados, luego se lleno una tercera parte de los recipientes con las muestras de agregado y se aplico 25 golpes con la varilla, posteriormente se lleno las dos partes restantes y se repitió la operación con la varilla, finalmente se enraso y se peso la muestra y el recipiente.

Agregados sueltos: se tomó la muestra representativa de los agregados, luego se lleno uno de los recipientes hasta el borde y se enraso con la varilla, se procedió a pesar la muestra y el recipiente.

5.6. DISEÑO DE MEZCLA

Para de la elaboración de las mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi se utilizarán los siguientes procedimientos descritos en el libro “Tecnología Del Concreto y del Mortero”:

1. Selección del asentamiento
2. Selección tamaño máximo del agregado
3. Estimación del contenido de aire
4. Estimación del contenido de agua
5. Determinación de la resistencia de diseño a la compresión
6. Selección de la relación agua-cemento
7. Cálculo del contenido de cemento
8. Estimación de las proporciones de agregados
9. Ajustes por humedad del agregado
10. Ajuste a la mezcla de prueba

5.7. PREPARACION DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA

Con el diseño de mezcla anterior se procedió a la elaboración y preparación de las mezclas de prueba en los laboratorios cumpliendo las especificaciones que se establecen en la Normas Técnicas Colombianas para la elaboración del concreto. Esta actividad se realizó dentro de los laboratorios de la Sede Piedra de Bolívar, Universidad de Cartagena.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 29. Preparación mezclas de prueba. Entrada a Laboratorios de Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar (1/2)



Fuente: Autor

Figura 30. Preparación mezclas de prueba. Entrada a Laboratorios de Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar (2/2)



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 31. Preparación mezclas de prueba.Cantidad requerida de cemento para elaboración de concreto según diseño de mezcla (1/3)



Fuente: Autor.

Figura 32. Preparación mezclas de prueba.Cantidad requerida de cemento para elaboración de concreto según diseño de mezcla (2/3)



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 33. Preparación mezclas de prueba. Cantidad requerida de cemento para elaboración de concreto según diseño de mezcla (3/3)



Fuente: Autor.

Figura 34. Preparación mezclas de prueba. Cantidad requerida de agregado fino y agregado grueso para elaboración de concreto según diseño de mezcla (1/3).



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 35. Preparación mezclas de prueba. Cantidad requerida de agregado fino y agregado grueso para elaboración de concreto según diseño de mezcla (2/3)



Fuente: Autor.

Figura 36. Preparación mezclas de prueba. Cantidad requerida de agregado fino y agregado grueso para elaboración de concreto según diseño de mezcla (3/3)



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 37. Preparación mezclas de prueba. Cantidad requerida de agua de muestra para elaboración de concreto según diseño de mezcla.



Fuente: Autor.

Figura 38. Preparación mezclas de prueba. Mezclado manual.



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 39. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (1/7).



Fuente: Autor.

Figura 40. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (2/7).



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 41. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (3/7).



Fuente: Autor.

Figura 42. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (4/7).



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 43. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (5/7)



Fuente: Autor

Figura 44. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (6/7)



Fuente: Autor

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 45. Preparación mezclas de prueba. Ensayo de asentamiento (7/7)



Fuente: Autor.

Figura 46. Preparación mezclas de prueba. Introducción de mezcla en moldes según NTC 673 (1/4)



Fuente: Autor.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 47. Preparación mezclas de prueba. Introducción de mezcla en moldes según NTC 673 (2/4)



Fuente: Autor.

Figura 48. Preparación mezclas de prueba. Introducción de mezcla en moldes según NTC 673 (3/4)



Fuente: Autor.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Figura 49. Preparación mezclas de prueba. Introducción de mezcla en moldes según NTC 673 (4/4)



Fuente: Autor.

5.8 ELABORACION DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS

Se realizaran ensayos para determinar las características principales en el concreto fresco y endurecido como el asentamiento, ensayos de resistencia a compresión.

Ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C 31 - ASTM C 39)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados, a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal de área del espécimen.

Se debe tener cuidado con la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia no es una

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho de materiales dados. Los valores obtenidos dependen del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, la fabricación, la edad, temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

Figura 50. Ensayo de resistencia a compresión a especímenes en concreto.



Fuente: Autor

Ensayo de manejabilidad (Asentamiento NTC 396 - ASTM C125)

En una muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco (Cono Abrams). El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto. Ver Figuras 39, 40, 41, 42, 43, 44 y 45.

5.9. ANALISIS DE LA INFORMACION

Después de realizar todos los ensayos planteados se procedió a tabular y graficar los datos obtenidos; para los resultados de prueba a compresión se utilizaron los criterios de aceptación y rechazo de mezclas de concreto de la NSR 10 que se hallan en el capítulo C (calidad del concreto, mezclado y colocación).

Los parámetros físico-químicos se evaluaron de acuerdo con los ensayos de calidad del agua contemplados en el Reglamento de Agua potable y Saneamiento, RAS 2000.

Se procedió entonces a realizar un riguroso análisis de resultados, utilizando herramientas de cómputo, comparando con investigaciones relacionadas y opiniones de ingenieros con amplia experiencia en el sector de la construcción.

6. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL CEMENTO

6.1.1. FINURA DEL CEMENTO

Para determinar la finura del cemento se utilizo la formula:

$$F = \frac{WgCemento - WgResiduo}{WgCemento} \times 100$$

En donde: F es la finura

Se obtuvieron los resultados descritos en la siguiente tabla:

Tabla 2. Ensayos de finura del cemento.

FINURA DEL CEMENTO			
ENSAYO	W1	R gr	F (%)
1	50	0,465	99,07%
2	50	0,436	99,13%
Promedio			99,10%

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días.

Se puede observar que la muestra ensayada dio un porcentaje de 99.10%, comparándola con los valores admisibles para la preparación de concreto que se encuentra en el rango no menor a 85%, se concluye que la muestra se encuentra en buenas condiciones y es apta para la elaboración de mezclas de concreto.

6.1.2. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

El peso específico real varia muy poco de unos cementos a otros, oscilando entre 2.9 y 3.15 gr/cm³. La determinación del peso específico relativo de los cementos consiste en establecer la relación entre una masa de cemento (gr) y el volumen (ml) de líquido que ésta masa desplaza en el matraz de Le Chatelier.

$$P.E = \frac{P.Cementoengr}{Volumendesplazadoenml}$$

El volumen desplazado = (Lf-Li)

Tabla 3. Ensayo Peso Específico del cemento

PESO ESPECIFICO	
Ítem	Datos
Peso cemento (gr)	65,40
Li	0,5
Lf	21,4
Volumen Desplazado	20,9
P . E (gr/cm3)	3,13

Como se puede observar el peso específico obtenido en el ensayo fue de 3.13 gr/cm³ y se encuentra dentro del rango permitido por las nomas que es entre 2.9 y 3.15 gr/cm, lo que permite inferir que es confiable la utilización de este tipo de cemento.

6.1.3. CONSISTENCIA NORMAL

La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir. Durante el ensayo de cemento, se mezclan pastas de consistencia normal, misma que se define por una penetración de 10 ± 1 mm de la aguja de Vicat, mientras se mezclan morteros para obtener ya sea una relación agua-cemento fija o para producir una cierta fluidez dentro de un rango dado. La fluidez se determina en una mesa de fluidez tal como se describe en la norma ASTM C 230. Ambos métodos, el de consistencia normal y el de la prueba de fluidez sirven para regular los contenidos de agua de las pastas y morteros respectivamente, que serán empleados en pruebas subsecuentes. Ambos permiten comparar distintos ingredientes con la misma penetración o fluidez.

La consistencia normal se determina así:

$$\text{Consistencia Normal} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del cemento}}$$

Datos obtenidos en el ensayo:

Tabla 4. Ensayo Consistencia normal del cemento

CONSISTENCIA NORMAL				
Ensayo #	Muestra gr	Agua ml	Penetración de la aguja mm	Agua %
1	500	120	5	24
2	500	125	8	25
3	500	130	13	26
4	500	135	21.5	27

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Cuando la aguja de Vicat penetre ± 10 mm se considera que el cemento tiene consistencia normal, como se puede observar en la Tabla 7 la consistencia normal del ensayo con relación agua cemento se encuentra alrededor de un 26 % a 27% de la muestra de cemento, haciendo así que tenga una fluidez aceptable.

6.1.4. TIEMPO DE FRAGUADO

Para determinar si un cemento fragua de acuerdo con los tiempos especificados en la norma ASTM C 150, se efectúan pruebas usando el aparato de Vicat (ASTM C 191) o la aguja de Gillmore. El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto; el fraguado final tampoco debe ocurrir demasiado tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento. También influyen sobre el tiempo de fraguado la finura del cemento, la relación agua-cemento, y los aditivos usados.

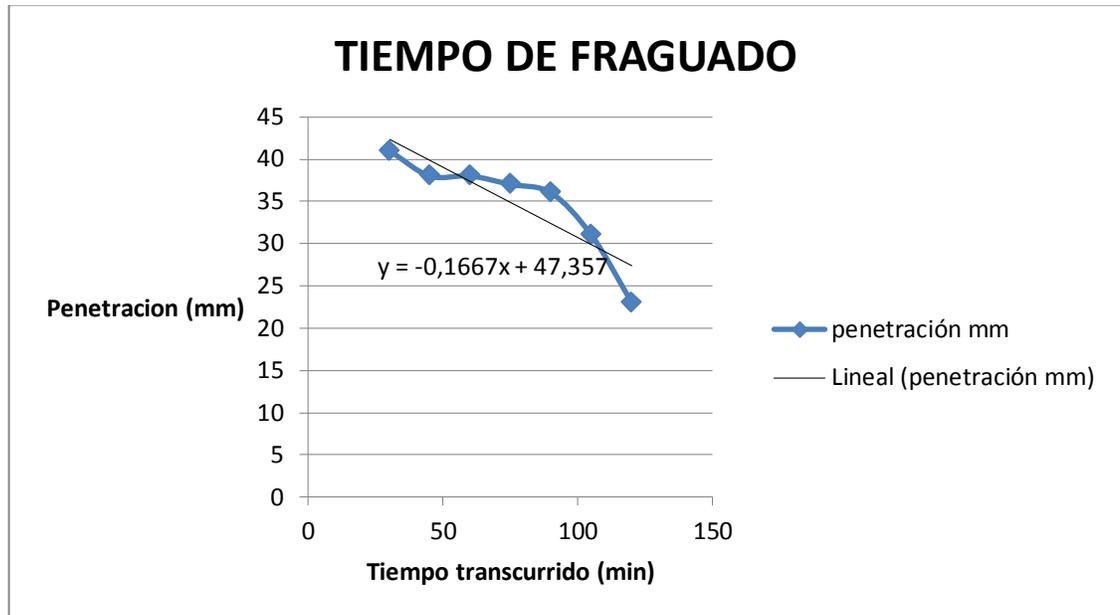
Datos obtenidos en el ensayo:

Tabla 5. Ensayo tiempo de fraguado.

TIEMPO DE FRAGUADO	
Transcurrido min	penetración mm
30	41
45	38
60	38
75	37
90	36
105	31
120	23

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 51. Grafica tiempo de fraguado con ecuación lineal según resultados.



Fuente: Autor.

Ahora procedemos a calcular el tiempo exacto necesario para que la penetración sea de 25 mm, observando la Figura 51 donde se calculo una ecuación lineal aproximada $y = -0.190x + 49,57$, según los valores obtenidos, reemplazando 25 en “y” calculamos el valor de “x” que corresponde al tiempo requerido, este tiempo es de: 118.34 min.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

6.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

6.2.1. GRANULOMETRIA

A continuación se presenta la tabla de los resultados del análisis granulométrico realizado a los agregados finos y gruesos:

Tabla 6. Calculo de porcentaje que pasa cada tamiz para agregados finos.

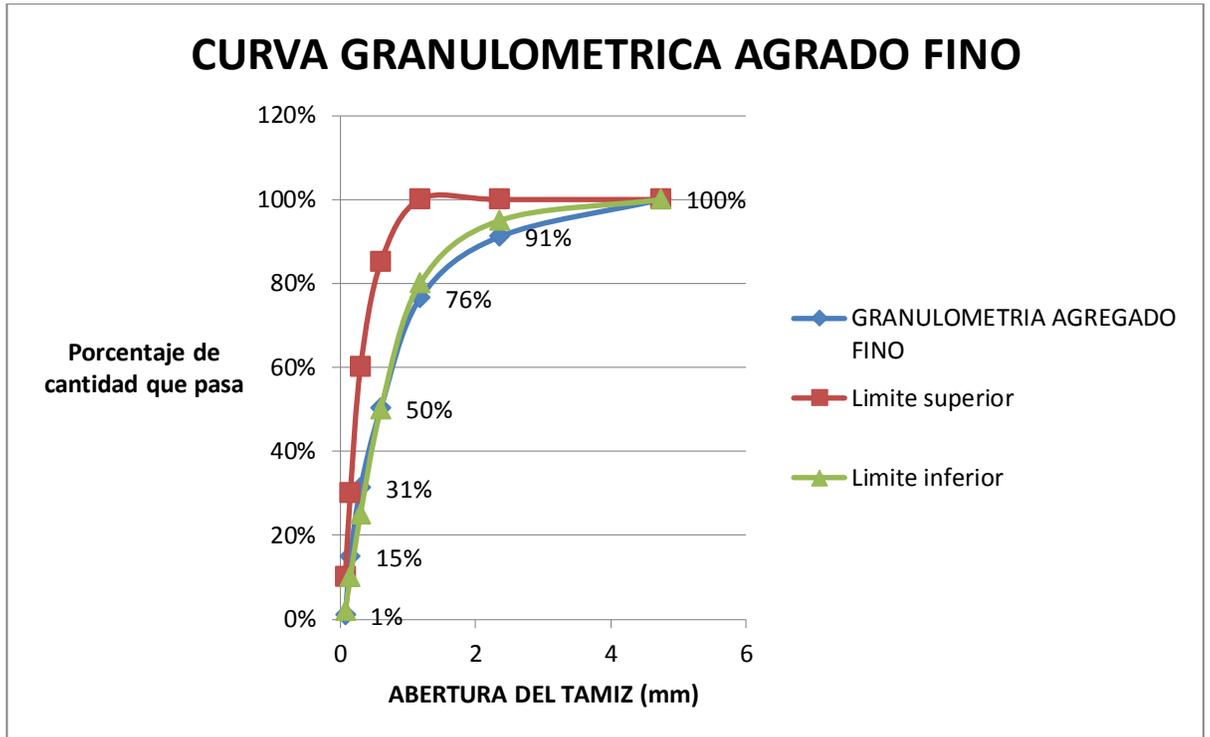
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO					
tamiz pulg	Abertura (mm)	Peso retenido P_i (g)	% retenido	% retenido acumulado	Pasa %
4	4,75	0	0,0	0	100%
8	2,36	51,4	9%	9%	91%
16	1,18	85,5	15%	24%	76%
30	0,6	152,3	26%	50%	50%
50	0,3	110,2	19%	69%	31%
100	0,15	95,3	16%	85%	15%
200	0,075	80,6	14%	99%	1%
Fondo		5,6	1%	100%	
Total		580,9	100%		

modulo de finura	2,36
-------------------------	-------------

De acuerdo a la norma ASTM C 33, modulo de finura se encuentra dentro del rango de 2.3 a 3.1 se considera una arena media.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 52. Curva granulométrica agregado fino



**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

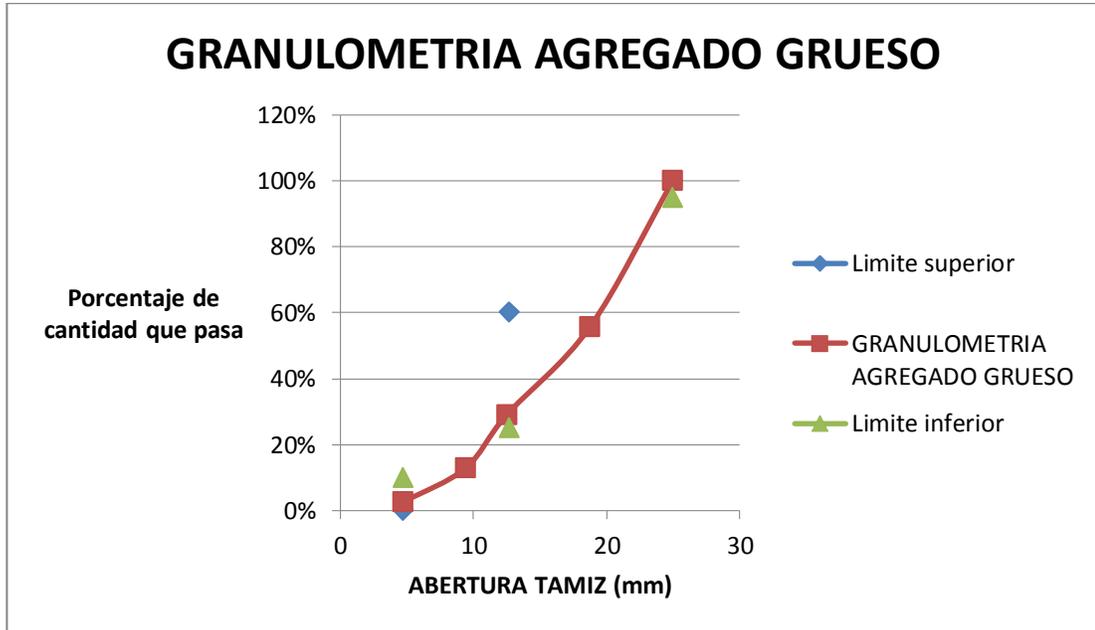
Tabla 7. Calculo de porcentaje que pasa cada tamiz para agregados grueso.

GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO					
tamiz pulg	Abertura (mm)	Peso retenido P_i (g)	% retenido	% retenido acumulado	Pasa %
1	25	0	0	0	100%
3/4	18,75	702,2	44%	44%	56%
1/2	12,5	420,3	27%	71%	29%
3/8	9,4	255,9	16%	87%	13%
N°4	4,75	161,4	10%	97%	3%
fondo		42,7	3%	100%	0%
total		1582,5	100%		

Tamaño máximo 1”

Tamaño máximo nominal 1”

Figura 53. Curva granulométrica agregado grueso



Fuente: Autor

6.2.2. PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS

La densidad de los agregados se encuentra directamente relacionada con la resistencia del concreto por eso es importante su determinación. La densidad es proporcional a la resistencia del concreto.

Agregado fino:

- A. Peso en el aire = 491 gr
- B. Peso S.S = 500 gr
- C. Volumen de H₂O adicionada = 305 cm³
- D. Volumen del frasco = 500 cm³
- E. Peso del picnómetro + agua = 694.3 gr
- F. Peso del picnómetro + agua + material = 999.7 gr

$$\text{Gravedad específica de Bulk} = \frac{A}{D - C}$$

$$\text{Gravedad específica de Bulk S.S.S} = \frac{B}{D - C}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{D - C - (B - A)}$$

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

Con los datos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Gravedad específica de Bulk} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Gravedad específica de Bulk S.S.S} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = 2.63 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Absorción} = 1.83 \%$$

Agregado grueso:

- A. Peso en el aire = 2099.6 gr

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

B. Peso S.S.S = 2125.3 gr

C. Peso en el aura = 1268.2 gr

$$\text{Gravedad específica de Bulk} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Gravedad específica de Bulk S.S.S} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{A - C}$$

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

Con los datos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

Gravedad específica de Bulk = 2.45 gr/cm³

Gravedad específica de Bulk S.S.S = 2.48 gr/cm³

Gravedad específica aparente = 2.53 gr/cm³

% Absorción = 1.22 %

Los valores de los pesos específicos según la norma se deben encontrar entre el rango de 2.3 a 2.8 gr/cm³, lo que quiere decir que nuestros agregados son útiles para el diseño de mezcla.

6.2.3. PESO UNITARIO

Este ensayo presenta la relación peso/volumen, para determinar cómo se van a seleccionar y manejar los agregados. Esta relación tiene cierta influencia sobre la calidad del cemento.

Peso unitario suelto

Es aquel en el que se establece la relación peso / volumen dejándolo caer libremente sobre cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados.

Peso unitario compactado

Este proceso es parecido al proceso del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla.

El recipiente para agregado fino tiene un peso de 2.575 kg y un volumen de 0.0028 m³.

El recipiente para agregado grueso tiene un peso de 9.825 kg y un volumen de 0.014m³.

Para determinar el peso unitario se uso la formula:

$$PesoUnitario = \frac{W_{material}}{V_{recipiente}}$$

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 8. Peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO PARA AGREGADO FINO					
ensayo	W recip (kg)	Wmat+Wrecip	W mat (kg)	Vrecipiente (m3)	P.Unitario (kg/m3)
1	2,496	6,73	4,23	0,0028	1511,43
2	2,496	6,73	4,24	0,0028	1512,86
3	2,496	6,73	4,23	0,0028	1511,79
4	2,496	6,72	4,23	0,0028	1508,93
Promedio					1511,25

Tabla 9. Peso unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO PARA AGREGADO FINO					
ensayo	W recip (kg)	Wmat+Wrecip	W mat (kg)	Vrecipiente (m3)	P.Unitario (kg/m3)
1	2,496	7,115	4,619	0,0028	1649,64
2	2,496	7,117	4,621	0,0028	1650,36
3	2,496	7,12	4,624	0,0028	1651,43
4	2,496	7,21	4,714	0,0028	1683,57
Promedio					1658,75

Tabla 10. Peso unitario suelto del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO PARA AGREGADO GRUESO					
ensayo	W recip (kg)	Wmat+Wrecip	W mat (kg)	Vrecipiente (m3)	P.Unitario (kg/m3)
1	9,803	32,08	22,277	0,014	1591,214286
2	9,803	32,01	22,207	0,014	1586,214286
3	9,803	32,03	22,227	0,014	1587,64
4	9,803	32,11	22,307	0,014	1593,36
Promedio					1589,61

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

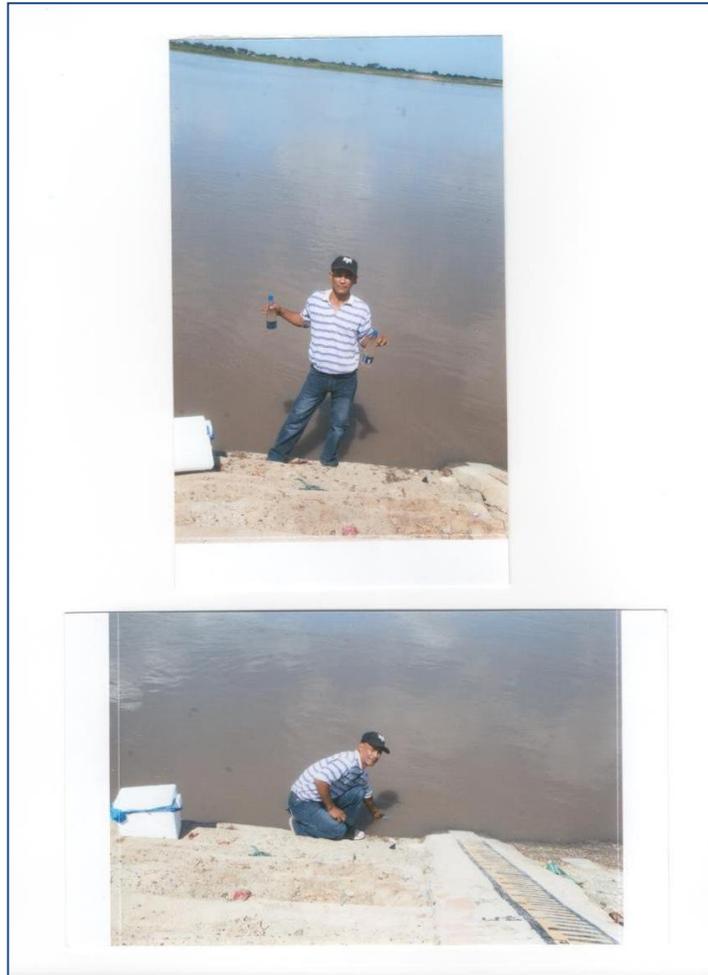
Tabla 11. Peso unitario compactado del agregado grueso.

ensayo	W recip (kg)	Wmat+Wrecip	W mat (kg)	Vrecipiente (m3)	P.Unitario (kg/m3)
1	9,803	33,634	23,831	0,014	1702,214286
2	9,803	33,622	23,819	0,014	1701,36
3	9,803	33,614	23,811	0,014	1700,79
4	9,803	33,618	23,815	0,014	1701,07
Promedio					1701,36

El rango según la norma para masa unitaria se encuentra entre 1100 y 1700 kg/m³ para agregados según su grado de compactación. Observando los resultados obtenidos podemos inferir que los agregados son buenos para el diseño de la mezcla.

6.3. ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 53. Toma de muestra de agua para análisis de los parámetros físico-químicos, tercer viaje.



Fuente: Autor

El estudio de la muestra de agua del Rio Magdalena fue realizado por el LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO DE AGUAS Y ALIMENTOS MIGUEL TORRES BENEDETTI, Cartagena Bolivar, la cual arrojó los resultados descritos a continuación:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 12. Resumen de resultados de Laboratorio de la muestra de Agua de Rio.

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	CALAMAR	TALAIGUA	CICUCO	MOMPOX
PH		Potenciometrico	6,85	6,13	5,88	6,5
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/l	Titulometria	55	75	80	65
Cloruros	mg/l	Argentometrico	19	60	15	15
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/l	Titulometria	56	57	70	72
Dureza Calcica (CaCO ₃)	mg/l	Titulometria	54	57	67	68
Conductividad	microsim/cm ²	Conductimetria	130	167	167	163
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	Nefelometria	15	21	20	18
Hierro (Fe)	mg/l	Colorimetria	1	1,75	0,52	3,66
Turbidez	NTU	Colorimetria	122	151	23,8	210
Aluminio (Al)	mg/l	Colorimetria	0	0	0	0
TDS	mg/l	Electrometria	181	183	186	183

Fuente: Resultados prueba laboratorio. Ver Anexo

En la Tabla 15 se observan algunos parámetros físico-químicos los cuales están expresados en forma de iones o compuestos que no pueden ser comparados con los valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para concretos que aparecen en la Tabla 2. Por lo tanto se hace necesario una conversión a iones o compuestos equivalentes.

Los parámetros incompatibles son: Dureza, cloruros, hierro y alcalinidad. A continuación convertiremos de la siguiente manera:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Dureza Total (CaCO₃):

El valor arrojado de la concentración de Dureza Total esta expresado en el compuesto CaCO₃, Carbonato de calcio, mas sin embargo en la Tabla 2, el carbonato de calcio se observa expresado como Ión Bicarbonato.

Entonces expresamos el valor adquirido de la Dureza Total en unidad de Ión Bicarbonato (HCO₃⁻) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentr} \rightarrow \text{I}^{\text{ON}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \text{Concentr comp} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \frac{\text{Peso molec i}^{\text{on}} \text{ solicitado}}{\text{Peso molec comp}}$$

Donde: $\frac{\text{Peso molec i}^{\text{on}} \text{ solicitado}}{\text{Peso molec comp}}$, es el factor de conversión (**Fconv**) de compuesto a ión

Procedemos a calcular el factor de conversión, para introducir los datos en la formula debemos calcular los pesos moleculares:

Ion o Molecula:	Ion Bicarbonato (HCO ₃)
-----------------	-------------------------------------

Elemento	Peso Mol(ppm)	N°atom	Peso molec total(ppm)
H	1	1	1
C	12	1	12
O	16	3	48
		Σ	61

Ion o Molecula:	Bicarbonato de Sodio (CaCO ₃)
-----------------	---

Elemento	Peso Mol(ppm)	N°atom	Peso molec Total(ppm)
Ca	40	1	40
C	12	1	12
O	16	3	48
		Σ	100

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Ahora calculamos el factor de conversión (F_{conv}), con los valores que nos dieron:

$$F_{conv} = \frac{\text{peso molec Iòn bicarbonato}(\text{HCO}_3^-)}{\text{Peso molec compuesto}(\text{CaCO}_3)}$$

$$\rightarrow F_{conv} = \frac{61}{100}$$

$$\rightarrow F_{conv} = 0.61$$

Procedemos a multiplicar este factor que nos resultó, por cada uno de los valores de las concentraciones expresadas en CaCO_3 para que nos resulten como Ión Bicarbonato, así:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = \text{Concentr comp} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times F_{conv}$$

Para Calamar:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 55 \times 0.61 = 34.16$$

Para Cicuco:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 70 \times 0.61 = 42.70$$

Para Talaigua Nuevo:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 57 \times 0.61 = 34.77$$

Para Mompox:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 72 \times 0.61 = 43.92$$

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Dureza Calcica (CaCO₃):

Debido a que la concentración de la Dureza Calcica está expresada en CaCO₃, entonces el factor de conversión es el mismo:

$$\rightarrow F_{conv} = 0.61$$

Entonces procedemos a multiplicar este factor que nos resultó, por cada uno de los valores de las concentraciones expresadas en CaCO₃ para que nos resulten como Ión Bicarbonato, así:

$$Conc \text{ Iòn Bicarbonato} (HCO_3^-) = Concentr \text{ comp} \left(\frac{mg}{l} \right) \times F_{conv}$$

Para Calamar:

$$Conc \text{ Iòn Bicarbonato} (HCO_3^-) = 54 \times 0.61 = 32.94$$

Para Cicuco:

$$Conc \text{ Iòn Bicarbonato} (HCO_3^-) = 67 \times 0.61 = 40.87$$

Para Talaigua Nuevo:

$$Conc \text{ Iòn Bicarbonato} (HCO_3^-) = 57 \times 0.61 = 34.77$$

Para Mompox:

$$Conc \text{ Iòn Bicarbonato} (HCO_3^-) = 68 \times 0.61 = 41.48$$

CLORUROS

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

El valor arrojado de la concentración esta dado en iones de cloruro (Cl), mas sin embargo en la Tabla 2, se observan compuestos que contienen Cl, tales como NaCl y MgCl2.

Entonces expresaremos los valores adquiridos del iòn Cl equivalentes en compuestos, mediante la siguiente fórmula:

$$Concentr \rightarrow COMP \left(\frac{mg}{l} \right) = Concentr \ iòn \left(\frac{mg}{l} \right) \times \frac{Peso \ molec \ comp \ solicitado}{Peso \ molec \ iòn}$$

Donde: $\frac{Peso \ molec \ comp \ solicitado}{Peso \ molec \ iòn}$, es el factor de conversión (**Fconv**) de iòn a compuesto.

Procedemos a calcular el factor de conversión, para introducir los datos en la formula debemos calcular los pesos moleculares:

Ion o Molécula:	Na Cl
-----------------	-------

Elemento	Peso Mol(ppm)	Nºatom	Peso Total(ppm)
Na	23	1	23
Cl	35,46	1	35,46
		Σ	58,46

Ion o Molécula:	MgCl2
-----------------	-------

Elemento	Peso Mol(ppm)	Nºatom	Peso Total(ppm)
Mg	24,3	1	24,3
Cl	35,46	2	70,92
		Σ	95,22

Ahora calculamos los dos factores de conversión para cada compuesto:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

-Para compuesto NaCl:

$$Fconv1 = \frac{\text{peso molec comp (NaCl)}}{\text{Peso molec iòn(Cl)}}$$

$$\rightarrow Fconv1 = \frac{58.46}{35.46}$$

$$\rightarrow Fconv1 = 1.65$$

-Para compuesto MgCl₂:

$$Fconv2 = \frac{\text{peso molec comp (NaCl)}}{\text{Peso molec iòn(Cl)}}$$

$$\rightarrow Fconv2 = \frac{95.22}{35.46}$$

$$\rightarrow Fconv2 = 2.69$$

Procedemos a multiplicar este factor que nos resultó, por cada uno de los valores de las concentraciones expresadas en Cl para que nos resulten como NaCl y MgCl₂ respectivamente, así:

$$\text{Conc Compuesto}(x) = \text{Concentr iòn} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times Fconv$$

Para Calamar:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato(NaCl)} = 19 \times 1.65 = 31.32$$

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato(MgCl}_2) = 19 \times 2.69 = 51.02$$

Para Cicuco:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato(NaCl)} = 15 \times 1.65 = 24.73$$

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(MgCl2) = 15 \times 2.69 = 40.28$$

Para Talaigua Nuevo:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(NaCl) = 60 \times 1.65 = 98.92$$

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(MgCl2) = 60 \times 2.69 = 161.12$$

Para Mompox:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(NaCl) = 15 \times 1.65 = 24.73$$

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(MgCl2) = 15 \times 2.69 = 40.28$$

Alcalinidad Total(CaCO₃):

El valor arrojado de la concentración de Alcalinidad Total esta expresado en el compuesto CaCO₃, Carbonato de calcio, entonces expresamos el valor adquirido en forma de Ión Bicarbonato (HCO₃⁻) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentr} \rightarrow \text{IÒN} \left(\frac{mg}{l} \right) = \text{Concentr comp} \left(\frac{mg}{l} \right) \times \frac{\text{Peso molec iòn solicitado}}{\text{Peso molec comp}}$$

Donde: $\frac{\text{Peso molec iòn solicitado}}{\text{Peso molec comp}}$, es el factor de conversión (**Fconv**) de compuesto a ión

Procedemos a calcular el factor de conversión, para introducir los datos en la formula debemos calcular los pesos moleculares:

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Ion o Molécula:	Ion Bicarbonato (HCO ₃)
-----------------	-------------------------------------

Elemento	Peso Mol(ppm)	N°atom	Peso molec total(ppm)
H	1	1	1
C	12	1	12
O	16	3	48
		Σ	61

Ion o Molécula:	Bicarbonato de Sodio (CaCO ₃)
-----------------	---

Elemento	Peso Mol(ppm)	N°atom	Peso molec Total(ppm)
Ca	40	1	40
C	12	1	12
O	16	3	48
		Σ	100

Ahora calculamos el factor de conversión (Fconv), con los valores que nos dieron:

$$F_{conv} = \frac{\text{peso molec Iòn bicarbonato(HCO}_3^-)}{\text{Peso molec compuesto(CaCO}_3)}$$

$$\rightarrow F_{conv} = \frac{61}{100}$$

$$\rightarrow F_{conv} = 0.61$$

Ahora procedemos a multiplicar este factor que nos resultó, por cada uno de los valores de las concentraciones expresadas en CaCO₃ para que nos resulten como Ión Bicarbonato, así:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato(HCO}_3^-) = \text{Concentr comp} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times F_{conv}$$

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Para Calamar:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 55 \times 0.61 = 33.55$$

Para Cicuco:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 80 \times 0.61 = 48.80$$

Para Talaigua Nuevo:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 75 \times 0.61 = 45.75$$

Para Mompox:

$$\text{Conc Iòn Bicarbonato}(\text{HCO}_3^-) = 65 \times 0.61 = 39.65$$

Luego de los anteriores cálculos entonces se muestra una nueva tabla (Tabla 16) en donde aparecerán los parámetros convertidos a compuestos o iones que ahora si son compatibles con los que aparecen en la Tabla 2.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 16. Resultados de Laboratorio de la muestra de Agua de Rio y valores de los límites tolerables.

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	CALAMAR	TALAIGUA	CICUCO	MOMPOX	LIMITES TOLERABLES
PH		Potenciométrico	6,85	6,13	5,88	6,5	6 - - 8
Alcalinidad Total (HCO ₃ ⁻)	mg/l	Titulometría	33,55	48,8	45,75	39,65	400
Cloruros	mg/l	Argentométrico	19	60	15	15	
Cloruros (NaCl)	mg/l	Argentométrico	31,32	24,73	98,92	24,73	20000
Cloruros (MgCl ₂)	mg/l	Argentométrico	51,02	40,28	161,12	40,28	40000
Dureza Total (HCO ₃ ⁻)	mg/l	Titulometría	34,16	42,70	34,77	43,92	400
Dureza Cálcica (HCO ₃ ⁻)	mg/l	Titulometría	32,94	40,87	34,77	41,48	400
Conductividad	microsim/cm ²	Conductimetría	130	167	167	163	
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	Nefelometría	15	21	20	18	3000
Hierro (Fe)	mg/l	Colorimetría	1	1,75	0,52	3,66	40000
Turbidez	NTU	Colorimetría	122	151	23,8	210	
Aluminio (Al)	mg/l	Colorimetría	0	0	0	0	
TDS	mg/l	Electrometría	181	183	186	183	

Fuente: Autor

En la Tabla 16, columna 8 se observan los valores de los límites tolerables, los cuales contrastados con los valores de las concentraciones adquiridas luego del análisis, podemos inferir lo siguiente con respecto a los parámetros:

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- Potencial Hidrogeno(PH): Calamar, Talaigua Nuevo y Mompox tienen valores de concentración dentro de los límites tolerables; en cambio Cicuco tiene un valor sensiblemente fuera del rango, el valor es 5.88 y es menor que 6.
- Cloruros: Los valores de concentraciones adquiridas de los cloruros se encuentran dentro de los límites tolerables. Estos valores no deben ser mayores que 20.000 mg/l de NaCl o 40.000 mg/l de MgCl₂ y los valores adquiridos no son mayores que 161.12 mg/l para MgCl₂ en Cicuco.
- Dureza Total: Los valores de concentraciones adquiridas se encuentran dentro de los límites tolerables. Estos valores no deben ser mayores que 400 mg/l de ión Bicarbonato y los valores adquiridos no son mayores que 43.92 mg/l en Mompox.
- Dureza Calcica: Los valores de concentraciones adquiridas se encuentran dentro de los límites tolerables. Estos valores no deben ser mayores que 400 mg/l de ión Bicarbonato y los valores adquiridos no son mayores que 43.92 mg/l en Mompox.
- Alcalinidad Total: Los valores de concentraciones adquiridas se encuentran dentro de los límites tolerables. Estos valores no deben ser mayores que 400 mg/l de ión Bicarbonato y los valores adquiridos no son mayores que 43.92 mg/l en Mompox.

Observando la tabla 16 podemos concluir que la gran mayoría (75%) de los parámetros analizados están dentro de los límites tolerables a excepción del valor del parámetro PH en Cicuco, el cual se encuentra fuera del rango.

6.4. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

Para de la elaboración de las mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi se utilizarán los siguientes procedimientos descritos en el libro “Tecnología Del Concreto y del Mortero”

6.4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO DE 3000 PSI

1. Selección del asentamiento 7.5 cm ó 3”

2. Selección del tamaño máximo del agregado:

Tamaño máximo real 1”

Tamaño máximo nominal 1”

3. estimación del contenido de aire 2%

4. estimación del contenido de agua 170lt

5. determinación de la resistencia de diseño: norma NSR 10; C 29

$$F'c_r = F'c + 0.15 F'c \text{ (Kg/cm}^2\text{)}; \text{ Si } F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'c_r = 242 \text{ Kg/cm}^2$$

6. Relación agua/cemento: $A/C = 0.53 \text{ Lt/Kg}$

7. Contenido de Cemento: $C = A / (A/C) = 170\text{Lt} / (0.53 \text{ Lt/Kg}) = 320 \text{ Kg}$

8. Estimación de proporciones de agregados

Agregado fino (arena)= 40%

Agregado grueso(china) = 60%

1. Ajuste a la mezcla de prueba

- Volumen de cemento = $320\text{kg} / (3150\text{kg/m}^3) = 0.101 \text{ m}^3$
- Volumen de agua = 0.170 m^3
- Volumen de aire = 0.02 m^3
- Volumen (cemento + agua + aire) = 0.291 m^3

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- Volumen de agregados = $1 - 0.291 = 0.709 \text{ m}^3$

Peso del agregado fino

$$\left((2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 2580 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) / 2 \right) * 0.4 * 0.709 \text{ m}^3 = 739 \text{ kg}$$

Para agregado grueso

$$\left((2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 2580 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) / 2 \right) * 0.6 * .709 \text{ m}^3 = 1108 \text{ kg}$$

Proporciones en peso:

Cemento = $320 / 320 = 1$

Agregado fino(arena) = $739 / 320 = 2.3$

Agregado grueso (china) = $1108 / 320 = 3.46$

$1 : 2.3 : 3.46$

Peso unitario suelto del cemento 1250 kg/m³

Proporción en volumen:

Cemento = $320 / 1250 = 0.91$

Agregado fino(arena) = $739 / 1483.04 = 1.77$

Agregado grueso(china) = $1108 / 1602.05 = 2.47$

$1 : 2 : 2.5$

6.4.2. RESISTENCIA DE DISEÑO DE 4000 PSI

1. Selección del asentamiento	7.5 cm ó 3"
2. Selección del tamaño máximo del agregado:	
Tamaño máximo real	1"
Tamaño máximo nominal	1"
3. estimación del contenido de aire	2%
4. estimación del contenido de agua	170 lt

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

5. determinación de la resistencia de diseño: norma NSR 10; C 29

$$F'c_r = F'c + 0.15 F'c \text{ (Kg/cm}^2\text{)}; \text{ Si } F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'c_r = 322 \text{ Kg/cm}^2$$

6. Relación agua/cemento: $A/C = 0.43 \text{ Lt/Kg}$

7. Contenido de Cemento: $C = A / (A/C) = 170 \text{ Lt} / (0.43 \text{ Lt/Kg}) = 395 \text{ Kg}$

8. Estimación de proporciones de agregados

Agregado fino(arena)= 40%

Agregado grueso(china) = 60%

2. Ajuste a la mezcla de prueba

- Volumen de cemento = $395\text{kg} / (3150\text{kg/m}^3) = 0.125 \text{ m}^3$
- Volumen de agua = 0.170 m^3
- Volumen de aire = 0.02 m^3
- Volumen (cemento + agua + aire) = 0.315 m^3
- Volumen de agregados = $1 - 0.315 = 0.685\text{m}^3$

Peso del agregado fino

$$\left((2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 2580 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) / 2 \right) * 0.4 * 0.685 \text{ m}^3 = 713\text{kg}$$

Para agregado grueso

$$\left((2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 2580 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) / 2 \right) * 0.6 * .685 \text{ m}^3 = 1071 \text{ kg}$$

Proporciones en peso:

$$\text{Cemento} = 395 / 395 = 1$$

$$\text{Agregado fino(arena)} = 713 / 395 = 1.8$$

$$\text{Agregado grueso(china)} = 1071 / 395 = 2.7$$

$$1 : 1.8 : 2.7$$

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Peso unitario suelto del cemento 1250 kg/m³

Proporción en volumen:

Cemento = $395 / 1250 = 1.12$

Agregado fino(arena) = $713 / 1483.04 = 1.71$

Agregado grueso(china)= $1071 / 1602.05 = 2.38$

1 : 2 : 2

6.5 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo f' c. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizaron pruebas a especímenes de concreto las cuales se muestran a continuación:

Tabla 17. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Calamar.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Calamar Bolivar			
Fecha de fabricación: 28 mayo de 2013		Fecha de rotura : 04 junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,4 cm / Slump: 5,8 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	1007	1097
Cilindro N°2	7 Días	1016	1143
Cilindro N°3	7 Días	1002	1156
PROMEDIO OBTENIDO:		1008	1132

Tabla 18. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Calamar.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Calamar Bolivar			
Fecha de fabricación: 03 junio de 2013		Fecha de rotura : 10 de junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 8 unidades Slump: 6,5 cm / Slump: 6,1 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	2008	1130
Cilindro N°2	7 Días	1234	1788
Cilindro N°3	7 Días	1827	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		1689	1549

Tabla 19. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Calamar.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Calamar Bolivar			
Fecha de fabricación: 28 mayo de 2013		Fecha de rotura : 25 junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7cm / Slump: 6,3 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2138	2901
Cilindro N°2	28 Días	2545	2920
Cilindro N°3	28 Días	2508	2874
PROMEDIO OBTENIDO:		2397	2898

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 20. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Calamar.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Calamar Bolivar			
Fecha de fabricación: 03 junio de 2013		Fecha de rotura : 01 de junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 8 unidades Slump: 6,5 cm / Slump: 6,1 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2008	1130
Cilindro N°2	28 Días	1234	1788
Cilindro N°3	28 Días	1827	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		1689	1549

Tabla 13. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Cicuco.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: CicucoBolivar			
Fecha de fabricación: 03 junio de 2013		Fecha de rotura : 10 junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,2 cm / Slump: 6,1 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	830	1097
Cilindro N°2	7 Días	933	1143
Cilindro N°3	7 Días	948	1156
PROMEDIO OBTENIDO:		904	1132

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 22. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Cicuco.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: CicucoBolivar			
Fecha de fabricación: 05 junio de 2013		Fecha de rotura : 12 de junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 6,5 cm / Slump: 6,1 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	1054	1130
Cilindro N°2	7 Días	1217	1788
Cilindro N°3	7 Días	1097	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		1123	1549

Tabla 23. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Cicuco.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: CicucoBolivar			
Fecha de fabricación: 03 junio de 2013		Fecha de rotura : 01 Julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 6,9cm / Slump: 6 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2012	2901
Cilindro N°2	28 Días	2369	2920
Cilindro N°3	28 Días	2214	2874
PROMEDIO OBTENIDO:		2198	2898

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 24. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Cicuco.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: CicucoBolivar			
Fecha de fabricación: 05 junio de 2013		Fecha de rotura :03 de julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,2cm / Slump: 6,5 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2725	1130
Cilindro N°2	28 Días	2494	1788
Cilindro N°3	28 Días	2405	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		2541	1549

Tabla 25. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Talaigua N.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Talaigua N, Bolivar			
Fecha de fabricación: 07 junio de 2013		Fecha de rotura : 14 junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,5 cm / Slump: 6,8 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	1441	1097
Cilindro N°2	7 Días	1444	1143
Cilindro N°3	7 Días	1391	1156
PROMEDIO OBTENIDO:		1425	1132

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 26. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Talaigua N.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Talaigua N, Bolivar			
Fecha de fabricación: 08 junio de 2013		Fecha de rotura : 15 de junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,1 cm / Slump: 6,4 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	1244	1130
Cilindro N°2	7 Días	1078	1788
Cilindro N°3	7 Días	1097	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		1140	1549

Tabla 27. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Talaigua N.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Talaigua N, Bolivar			
Fecha de fabricación: 07 junio de 2013		Fecha de rotura : 05 Julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 6,9cm / Slump: 6 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2772	2901
Cilindro N°2	28 Días	2681	2920
Cilindro N°3	28 Días	2647	2874
PROMEDIO OBTENIDO:		2700	2898

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 28. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Talaigua N.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Talaigua N, Bolivar			
Fecha de fabricación: 08 junio de 2013		Fecha de rotura :06 de julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,5cm / Slump: 6,1 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	3039	1130
Cilindro N°2	28 Días	3002	1788
Cilindro N°3	28 Días	2963	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		3001	1549

Tabla 29. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 7 días, Mompox.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Mompox, Bolivar			
Fecha de fabricación: 08 junio de 2013		Fecha de rotura : 15 junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,3 cm / Slump: 6,4 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	1019	1097
Cilindro N°2	7 Días	866	1143
Cilindro N°3	7 Días	998	1156
PROMEDIO OBTENIDO:		961	1132

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 30. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 7 días, Mompox.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: MompoxBolivar			
Fecha de fabricación: 10 junio de 2013		Fecha de rotura : 17 de junio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,1 cm / Slump: 6,4 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	7 Días	905	1130
Cilindro N°2	7 Días	978	1788
Cilindro N°3	7 Días	972	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		952	1549

Tabla 31. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi a los 28 días, Mompox.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 3000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Mompox, Bolivar			
Fecha de fabricación: 08 junio de 2013		Fecha de rotura : 06 Julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 7,2cm / Slump: 6,4 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2098	2901
Cilindro N°2	28 Días	2144	2920
Cilindro N°3	28 Días	2187	2874
PROMEDIO OBTENIDO:		2143	2898

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 32. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi a los 28 días, Mompox.

RESISTENCIA DE DISEÑO CONCRETO DE 4000 PSI			
Agua de mezclado correspondiente a: Mompox, Bolivar			
Fecha de fabricación: 10 junio de 2013		Fecha de rotura :08 de julio de 2013	
Cantidad de Muestras : 6 unidades Slump: 8,1cm / Slump: 7,8 cm			
Muestras		Agua de Rio	Agua Potable
# de Cilindros	Edad Cilindro	Fuerza PSI	Fuerza PSI
Cilindro N°1	28 Días	2672	1130
Cilindro N°2	28 Días	2622	1788
Cilindro N°3	28 Días	2588	1729
PROMEDIO OBTENIDO:		2628	1549

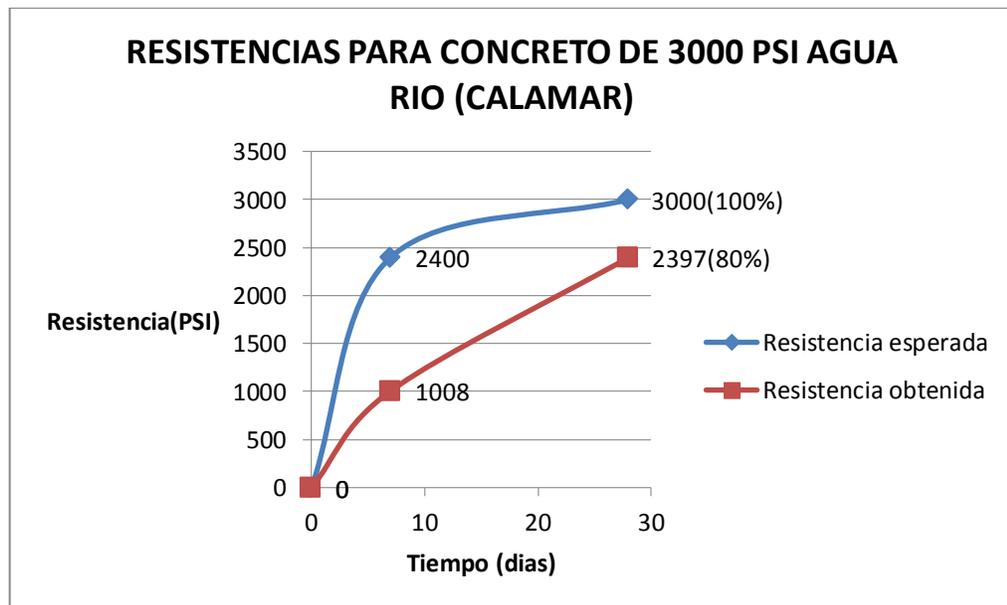
A continuación mostraremos resultados en forma de tablas y graficas en donde expondremos valores de resistencias obtenidas en comparación con las resistencias de diseño esperadas, así:

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 33. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Calamar, 3000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 3000 PSI AGUA RIO (CALAMAR)					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	2400	1008	80%	34%	46%
28	3000	2397	100%	80%	20%

Figura 54. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 3000 PSI con agua de Rio, Calamar.

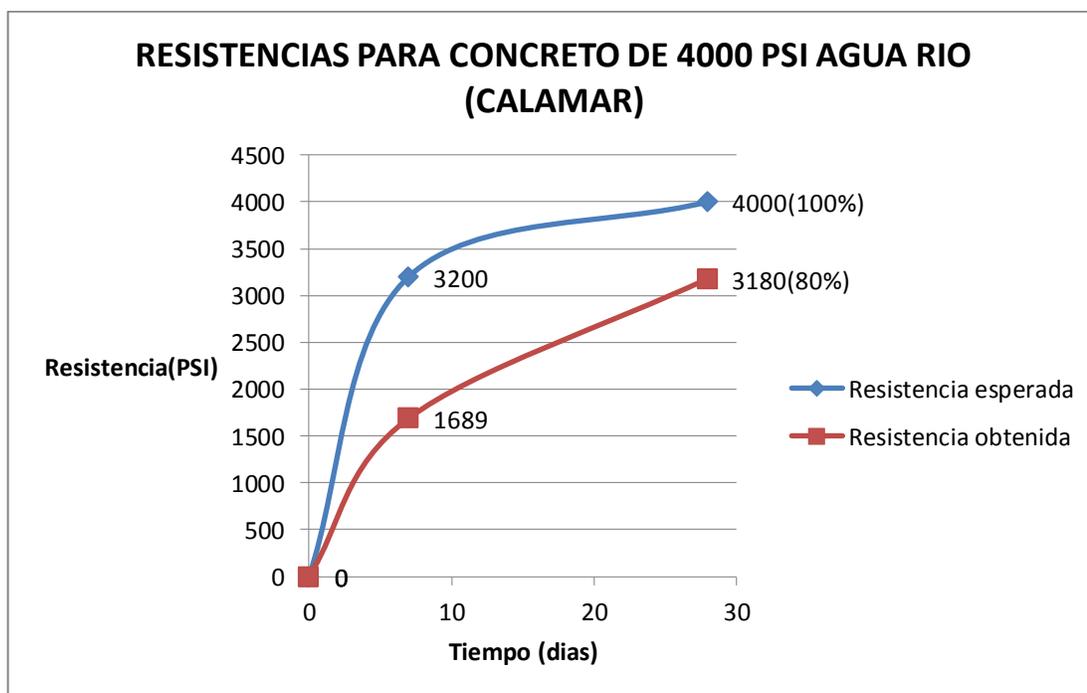


CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 34. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Calamar, 4000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 4000 PSI AGUA RIO					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	3200	1689	80%	42%	38%
28	4000	3180	100%	80%	21%

Figura 55. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 4000 PSI con agua de Rio, Calamar.



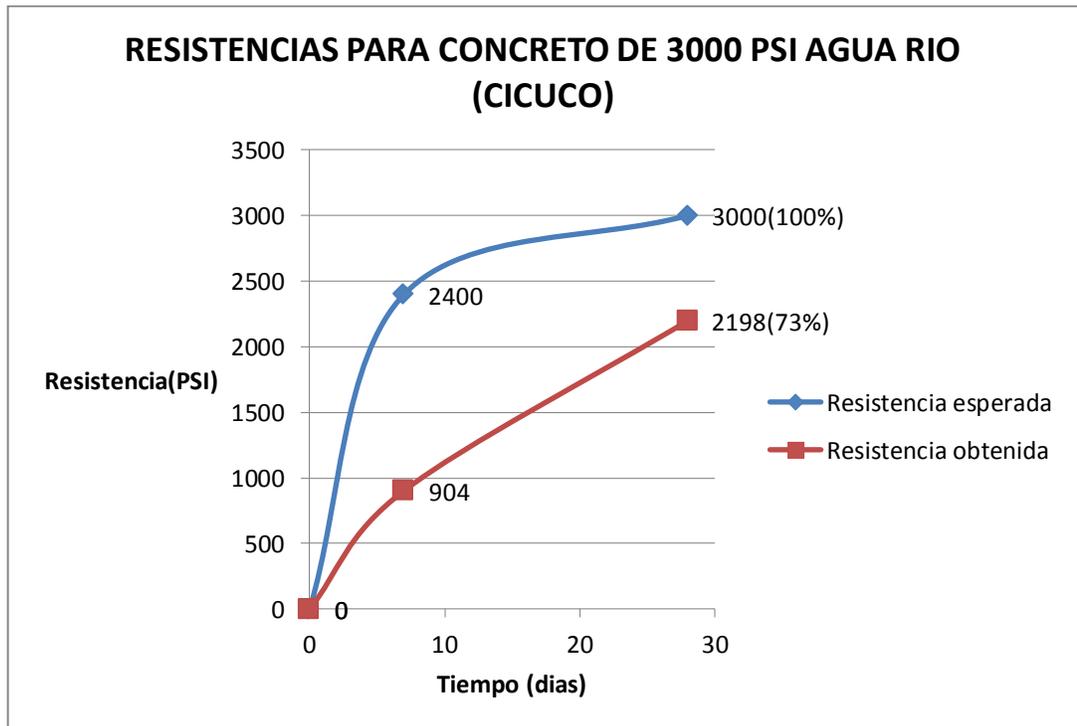
En el municipio de Calamar, la resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 3000 psi con el agua de Rio tuvo una disminución del 20% (ver Tabla 33); con respecto a la resistencia de 4000 psi tubo una reducción del 21% (Ver Tabla 34)

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 35. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Cicuco, 3000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 3000 PSI AGUA RIO					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	2400	904	80%	30%	50%
28	3000	2198	100%	73%	27%

Figura 56. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 3000 PSI con agua de Rio, Cicuco.

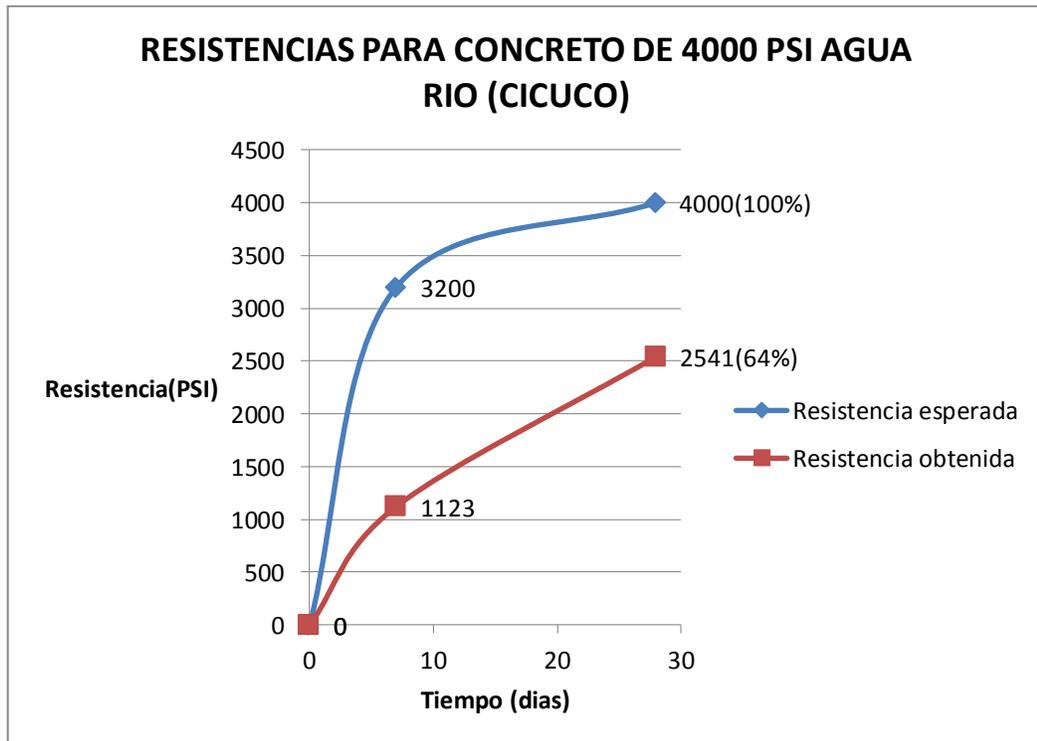


CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 36. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Cicuco, 4000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 4000 PSI AGUA RIO (CICUCO)					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	3200	1123	80%	28%	52%
28	4000	2541	100%	64%	36%

Figura 57. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 4000 PSI con agua de Rio, Cicuco.



CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

En el municipio de Cicuco, la resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 3000 psi con el agua de Rio tuvo una disminución del 27% (ver Tabla35); con respecto a la resistencia de 4000 psi tubo una reducción del 36% (Ver Tabla 36).

Tabla 37. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Talaigua N, 3000 psi

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 3000 PSI AGUA RIO TALAIGUA					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	2400	1425	80%	48%	32%
28	3000	2239	100%	75%	25%

Figura 58. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 3000 PSI con agua de Rio, Talaigua.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

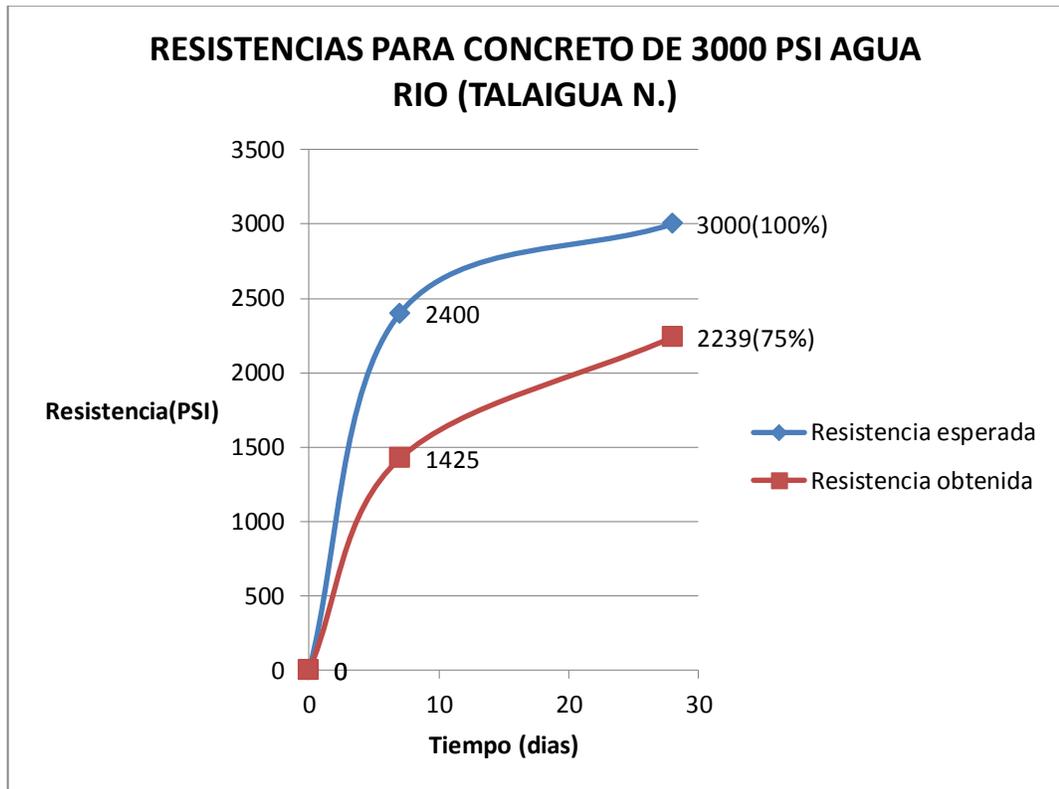
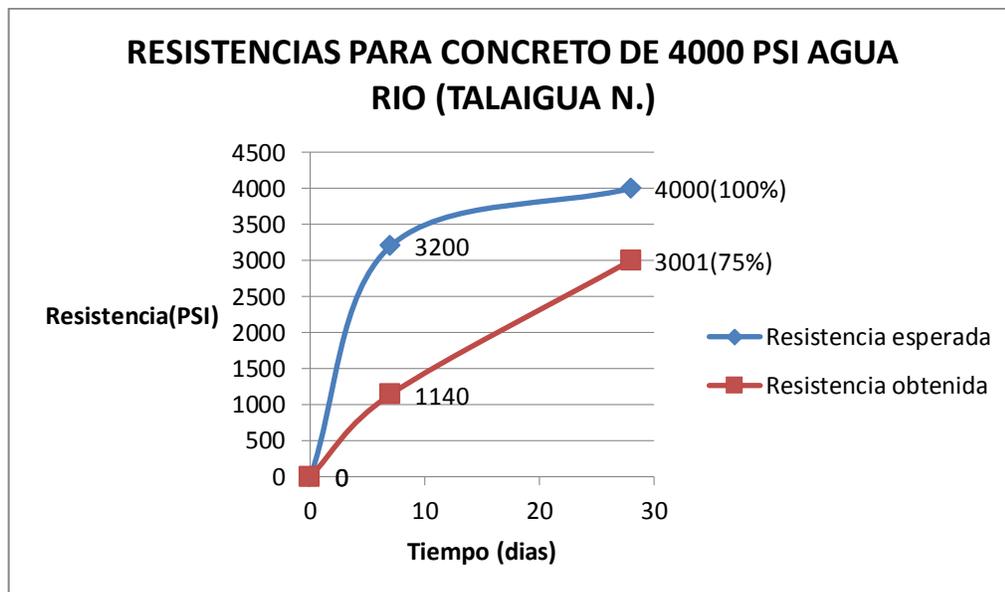


Tabla 38. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Talaigua N, 4000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 4000 PSI AGUA RIO					
Tiempo (dias)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	3200	1140	80%	28%	52%
28	4000	3001	100%	75%	25%

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 59. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 4000 PSI con agua de Rio, Talaigua



En el municipio de Talaigua Nuevo, la resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 3000 psi con el agua de Rio tuvo una disminución del 25% (ver Tabla 37); con respecto a la resistencia de 4000 psi tubo una reducción del 25% (Ver Tabla 38)

Tabla 39. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Mompox, 3000 psi.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 3000 PSI AGUA RIO (MOMPOX)					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	2400	961	80%	32%	48%
28	3000	2143	100%	71%	29%

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 60. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 3000 PSI con agua de Rio, Mompox

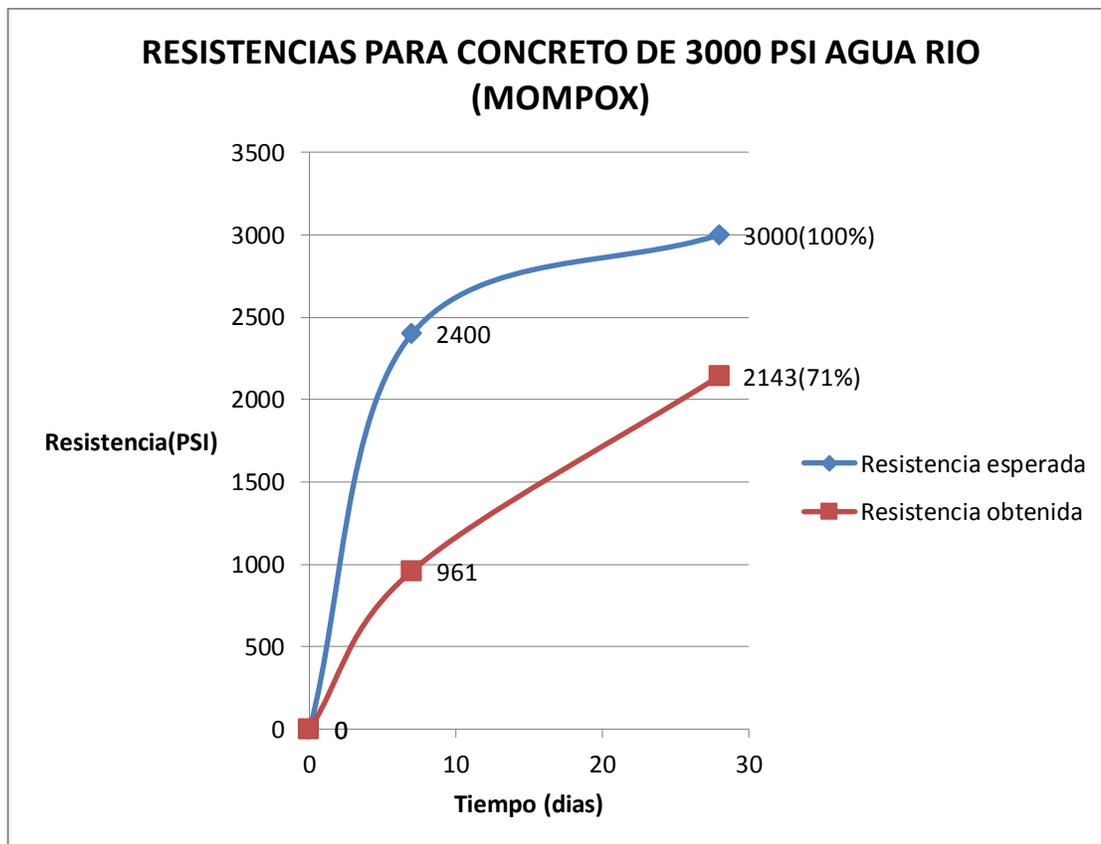
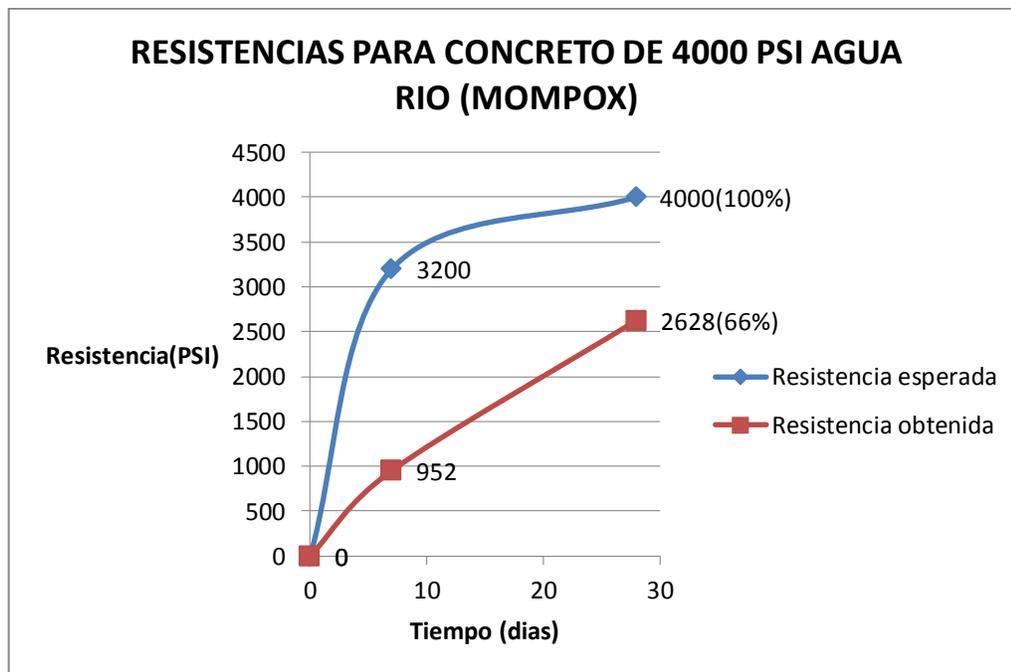


Tabla 40. Resistencias obtenidas en contraste con las resistencias de diseño esperadas para el municipio de Mompox, 3000 psi

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 4000 PSI AGUA RIO (MOMPOX)					
Tiempo (dias)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	3200	952	80%	24%	56%
28	4000	2628	100%	66%	34%

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 61. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 4000 PSI con agua de Rio, Mompox



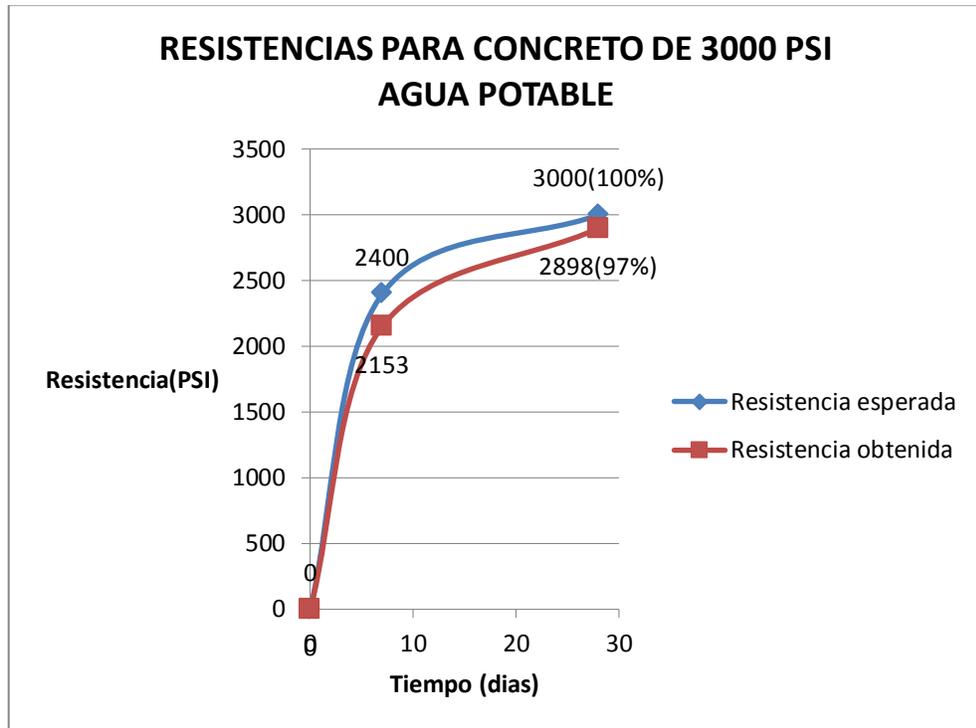
En el municipio de Mompox, la resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 3000 psi con el agua de Rio tuvo una disminución del 29% (ver Tabla 39); con respecto a la resistencia de 4000 psi tubo una reducción del 34% (Ver Tabla 40).

Tabla 141. Resistencia obtenida para cilindros de 3000 psi, agua potable.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 3000 PSI AGUA POTABLE					
Tiempo (dias)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminucion
0	0	0	0	0	0
7	2400	2153	80%	72%	8%
28	3000	2898	100%	97%	3%

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Figura 62. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 3000 PSI con agua de potable



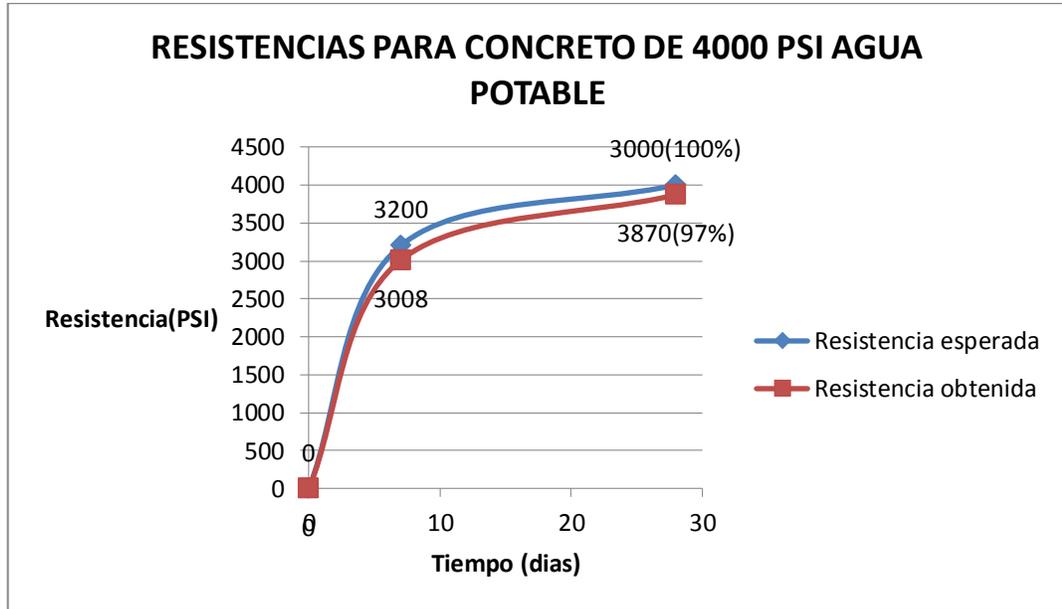
La resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 3000 psi con el agua potable tuvo un porcentaje de 97% (ver Tabla 41), lo que indica que la utilización de esta agua y los materiales utilizados son aptos para la elaboración de mezclas de concreto.

Tabla 15. Resistencia obtenida para cilindros de 4000 psi para agua potable.

RESISTENCIAS PARA CONCRETO DE 4000 PSI AGUA POTABLE					
Tiempo (días)	Resistencia esperada (PSI)	Resistencia Obtenida prom (PSI)	Resistencia esperada (%)	Resistencia respecto a esperada (%)	Porcentaje disminución
0	0	0	0	0	0
7	3200	3008	80%	75%	5%
28	4000	3870	100%	97%	3%

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 63. Resistencia VS Tiempo en cilindros de 4000 PSI con agua de potable.



La resistencia a la compresión de los 28 días obtenida por el concreto de 4000 psi con el agua potable tuvo un porcentaje de 97% (ver Tabla 42), lo que indica que la utilización de esta agua y los materiales utilizados son aptos para la elaboración de mezclas de concreto.

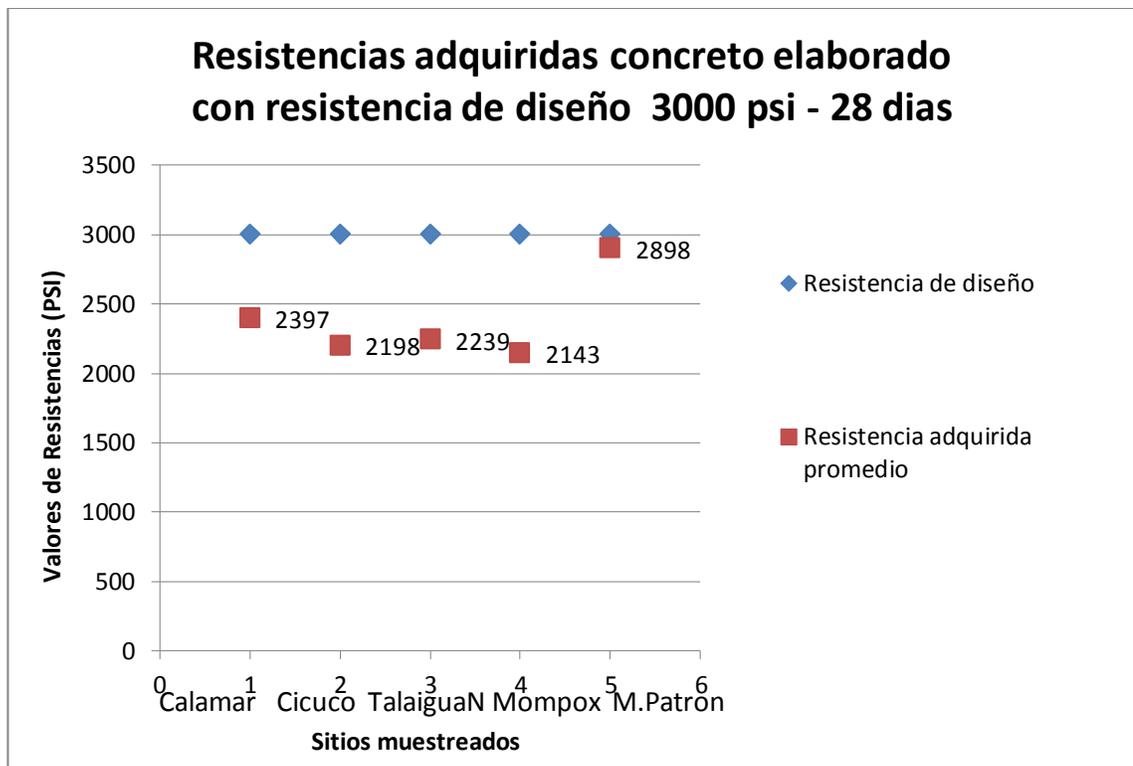
CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

6.6 CORRELACION ENTRE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CONCRETOS ELABORADOS CON AGUA DE RIO MAGDALENA.

A continuación compararemos a través de tablas y graficas, la incidencia de los parámetros físico-químicos analizados y la resistencia a la compresión en los concretos elaborados con agua del rio magdalena.

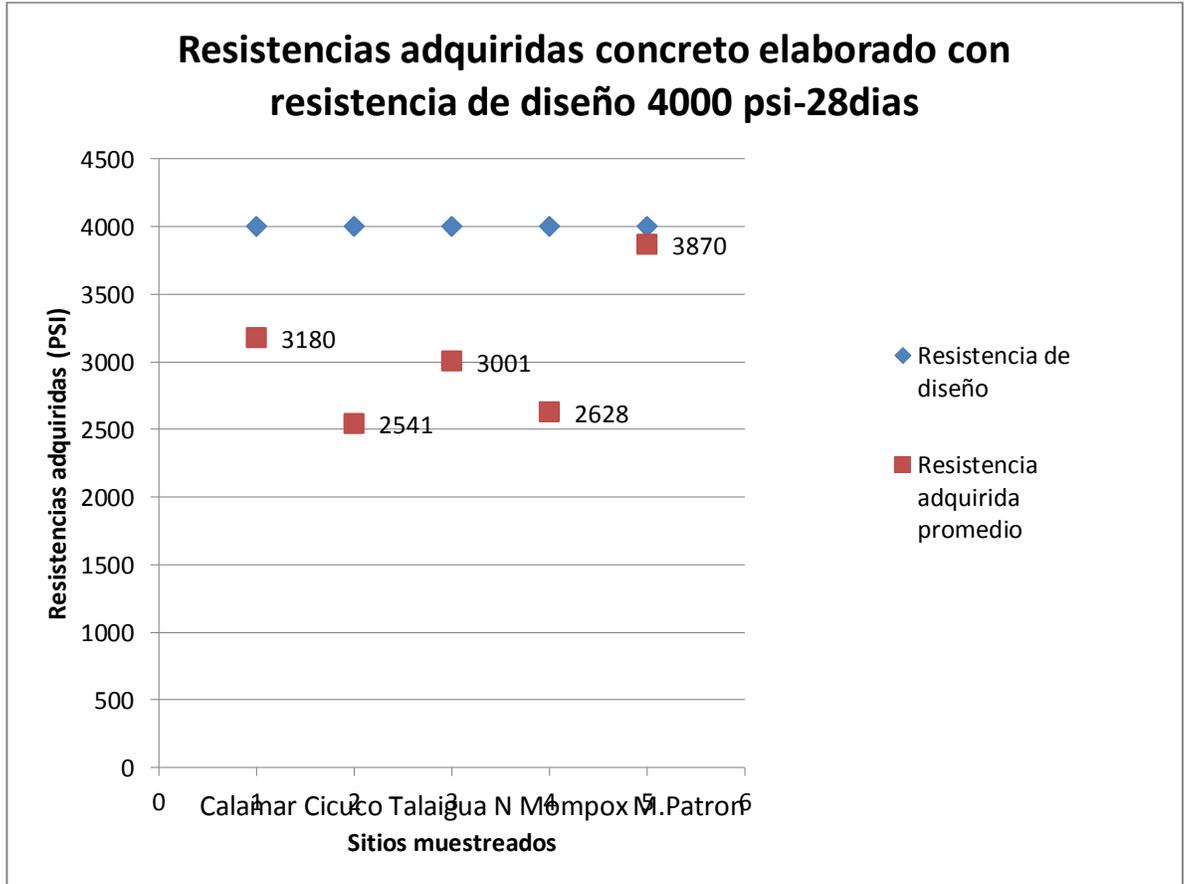
En la Grafica 63 y Grafica 64 se muestra un resumen de los valores de las resistencias obtenidas en todos los sitios muestreados incluyendo la muestra patrón de agua potable con respecto a las resistencias de diseño solicitadas. Estas dos graficas serán confrontadas con las graficas siguientes, que corresponden a los parámetros físico-químicos analizados en este proyecto y podremos observar si existe correlación entre dichos parámetros y la resistencia adquirida.

Grafica 63. Resumen resistencias adquiridas en todos los sitios muestreados para 3000 psi.



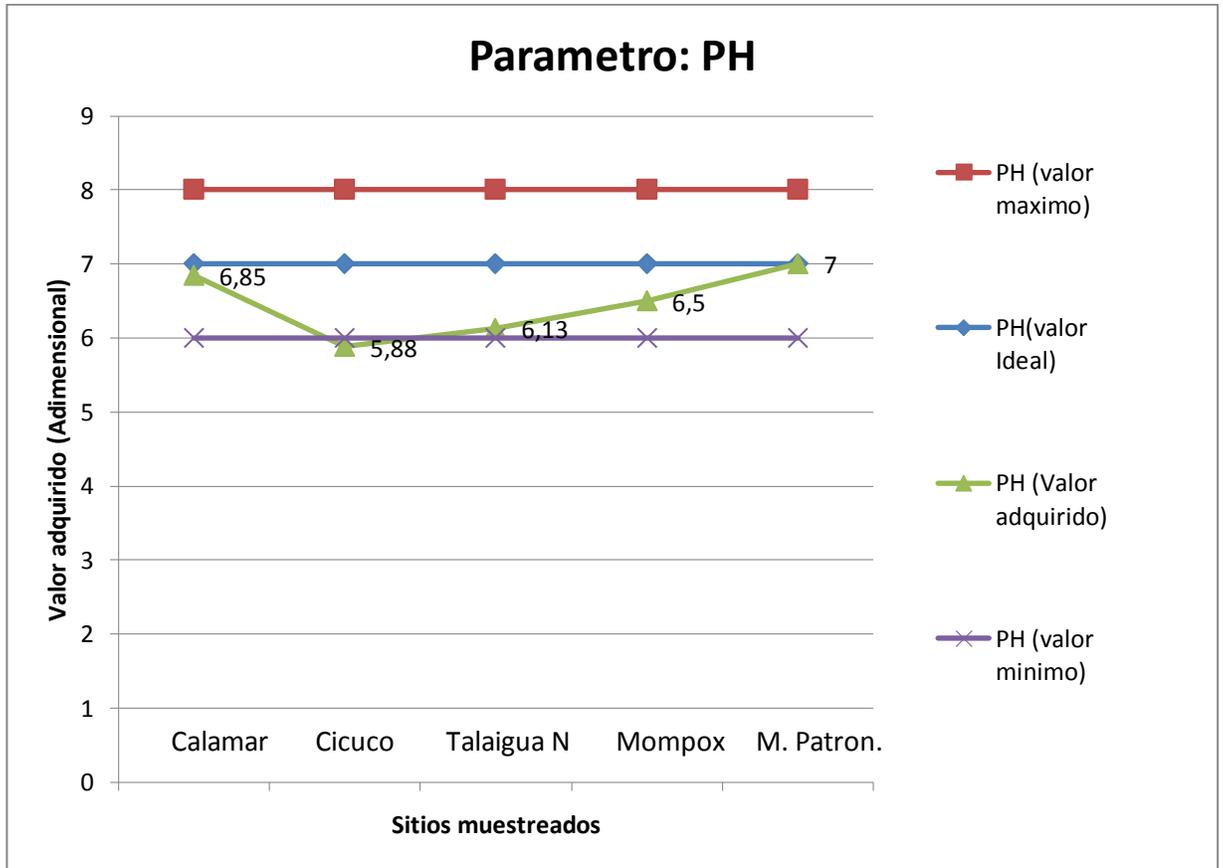
CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 64. Resumen resistencias adquiridas en todos los sitios muestreados para 4000 psi.



CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 65. Valor adquirido del parámetro PH en todos los sitios muestreados.



CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 43. Valores adquiridos de PH con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	PH (Valor adquirido)	PH(valor Ideal)	PH (valor mínimo)	PH (valor máximo)
CALAMAR	3000	2397	6,85	7	6	8
CICUCO	3000	2198	5,88	7	6	8
TALAIGUA	3000	2239	6,13	7	6	8
MOMPOX	3000	2143	6,5	7	6	8
POTABLE	3000	2898	7	7	6	8

Tabla 44. Valores adquiridos de PH con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	PH (Valor adquirido)	PH(valor Ideal)	PH (valor mínimo)	PH (valor máximo)
CALAMAR	4000	3180	6,85	7	6	8
CICUCO	4000	2541	5,88	7	6	8
TALAIGUA	4000	3001	6,13	7	6	8
MOMPOX	4000	2628	6,5	7	6	8
POTABLE	4000	3870	7	7	6	8

Considerando la Grafica 63 y 64 o Tablas 43 y 44 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 65, en donde aparecen los valores del parámetro PH presentes en el agua de mezclado los cuales están dentro del rango tolerable en el 75% de los sitios muestreados, siendo una excepción en el municipio de Cicuco en el cual se observa un valor de PH de 5.88, podemos inferir que el parámetro PH no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 66. Valor adquirido del parámetro Cloruros (Cl) en todos los sitios muestreados.

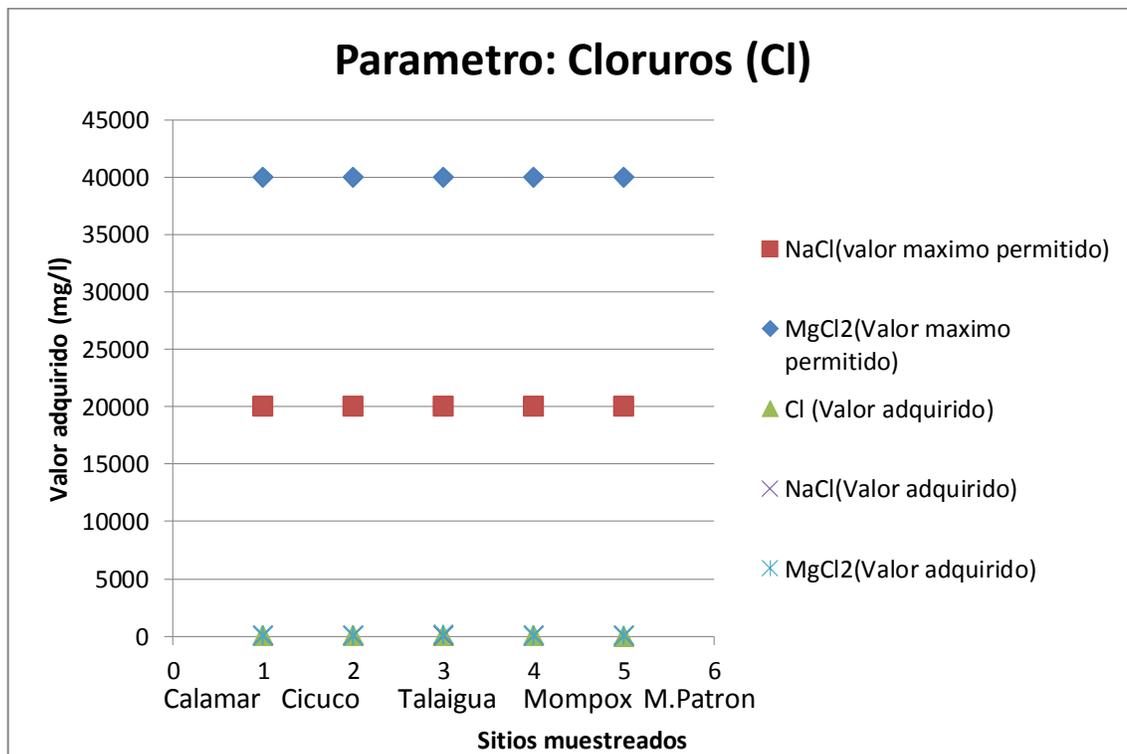


Tabla 45. Valores adquiridos del parámetro físico-químico cloruro con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	Cl (Valor adquirido)	NaCl(Valor adquirido)	MgCl2(Valor adquirido)	NaCl(valor máximo permitido)	MgCl2(Valor máximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	19	31,32	51,02	20000	40000
CICUCO	3000	2198	15	24,73	40,28	20000	40000
TALAIQUA	3000	2239	60	98,92	161,12	20000	40000
MOMPOX	3000	2143	15	24,73	40,28	20000	40000
POTABLE	3000	2898	10	16,49	26,85	20000	40000

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 46. Valores adquiridos del parámetro físico-químico cloruro con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	Cl (Valor adquirido)	NaCl(Valor adquirido)	MgCl2(Valor adquirido)	NaCl(valor maximo permitido)	MgCl2(Valor maximo permitido)
CALAMAR	4000	3180	19	31,32	51,02	20000	40000
CICUCO	4000	2541	15	24,73	40,28	20000	40000
TALAIGUA	4000	3001	60	98,92	161,12	20000	40000
MOMPOX	4000	2628	15	24,73	40,28	20000	40000
POTABLE	4000	3870	10	16,49	26,85	20000	40000

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 45 y 46 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 66, en donde aparecen los valores del parámetro cloruro presentes en el agua de mezclado los cuales están dentro del rango tolerable en todos los sitios muestreados. Podemos inferir entonces que el parámetro cloruros no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que aun estando estos dentro de los límites tolerables persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 67. Valor adquirido del parámetro Sulfatos en todos los sitios muestreados.

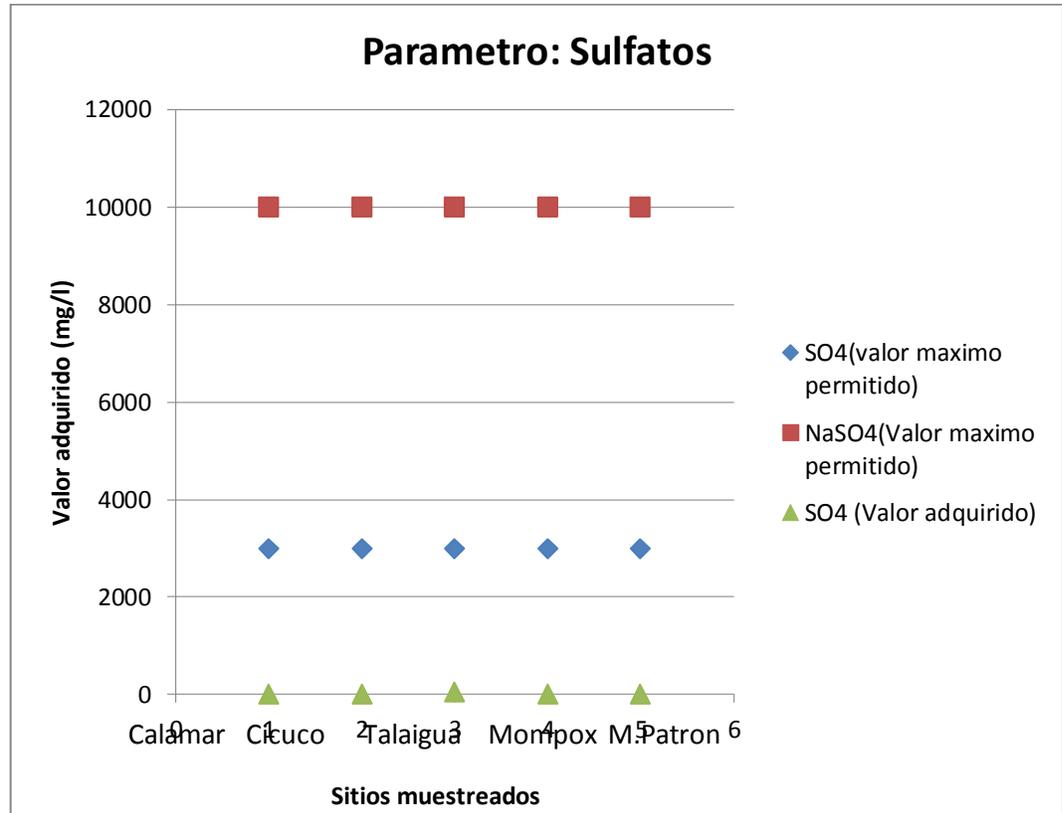


Tabla 47. Valores adquiridos del parámetro físico-químico sulfatos con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñado a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	SO4 (Valor adquirido)	SO4(valor máximo permitido)	NaSO4(Valor máximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	19	3000	10000
CICUCO	3000	2198	15	3000	10000
TALAIQUA	3000	2239	60	3000	10000
MOMPOX	3000	2143	15	3000	10000
POTABLE	3000	2898	2	3000	10000

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 48. Valores adquiridos del parámetro físico-químico sulfatos con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	SO4 (Valor adquirido)	SO4(valor maximo permitido)	NaSO4(Valor maximo permitido)
CALAMAR	4000	3180	19	3000	10000
CICUCO	4000	2541	15	3000	10000
TALAIGUA	4000	3001	60	3000	10000
MOMPOX	4000	2628	15	3000	10000
POTABLE	4000	3870	2	250	250

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 47 y 48 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas. Si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 67, en donde aparecen los valores del parámetro sulfatos presentes en el agua de mezclado los cuales están dentro del rango tolerable en todos los sitios muestreados. Podemos inferir entonces que el parámetro en cuestión no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que estando estos dentro de los límites tolerables persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 68. Valor adquirido del parámetro Sales de hierro en todos los sitios muestreados.

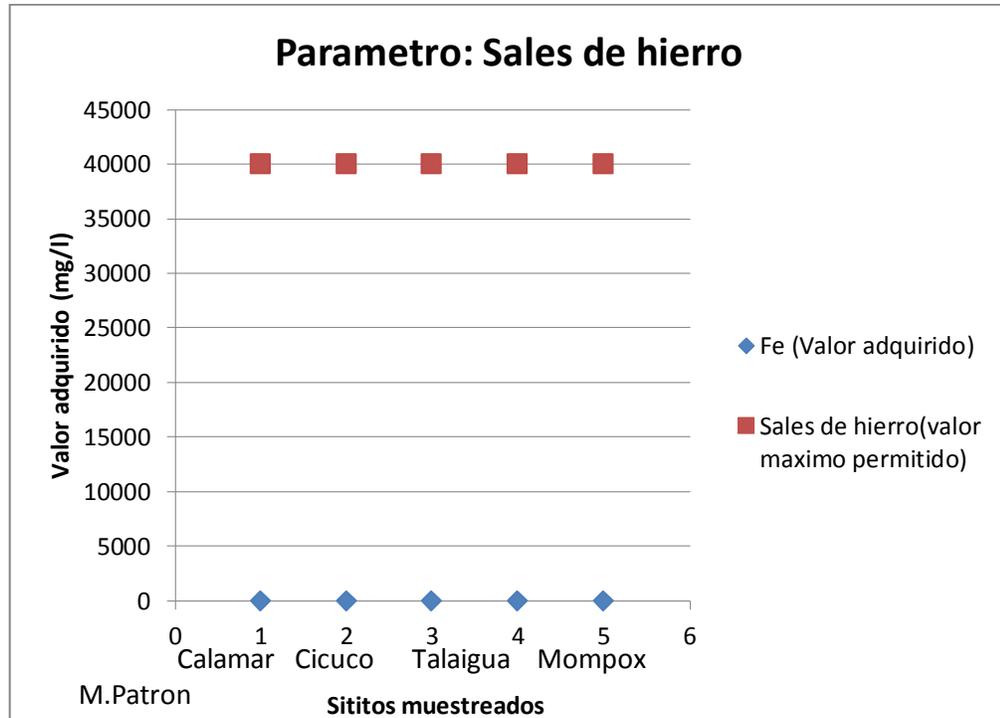


Tabla 49. Valores adquiridos del parámetro físico-químico sales de hierro con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	Fe (Valor adquirido)	Sales de hierro(valor máximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	1	40000
CICUCO	3000	2198	0,52	40000
TALAIGUA	3000	2239	1,75	40000
MOMPOX	3000	2143	15	40000
POTABLE	3000	2898	0.3	40000

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 50. Valores adquiridos del parámetro físico-químico sales de hierro con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	Fe (Valor adquirido)	Sales de hierro(valor maximo permitido)
CICUCO	4000	2541	0,52	40000
TALAIGUA	4000	3001	1,75	40000
MOMPOX	4000	2628	15	40000
POTABLE	4000	3870	0.3	40000

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 49 y 50 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 68, en donde aparecen los valores del parámetro sales de hierro presentes en el agua de mezclado los cuales están dentro del rango permitido en todos los sitios muestreados. Podemos concluir entonces que el parámetro en cuestión no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que estando estos dentro de los límites tolerables; persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 69. Valor adquirido del parámetro Dureza Total en todos los sitios muestreados.

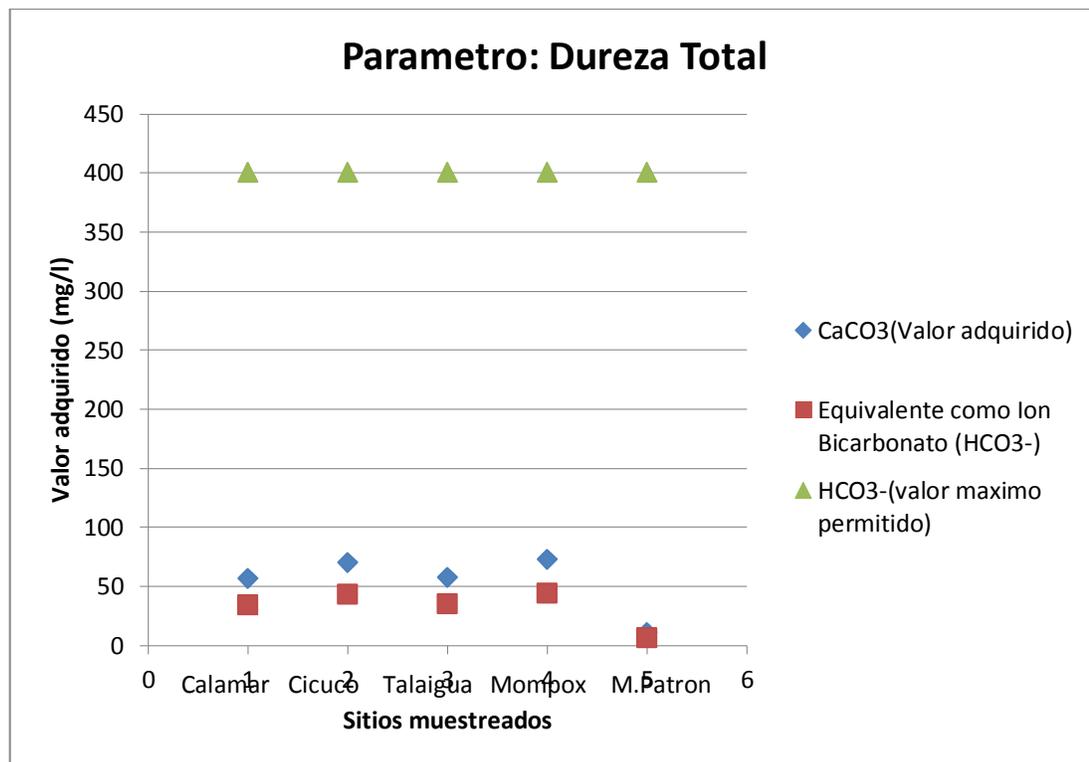


Tabla 51. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Dureza Total con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO3(Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO3-)	HCO3-(valor maximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	56	34,16	400
CICUCO	3000	2198	70	42,7	400
TALAIQUA	3000	2239	57	34,77	400
MOMPOX	3000	2143	72	43,92	400
POTABLE	3000	2898	5	6,1	400

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 52. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Dureza Total con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO3(Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO3-)	HCO3-(valor maximo permitido)
CALAMAR	4000	3180	56	34,16	400
CICUCO	4000	2541	70	42,7	400
TALAIGUA	4000	3001	57	34,77	400
MOMPOX	4000	2628	72	43,92	400
POTABLE	4000	3870	5	6,1	400

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 51 y 52 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 69, en donde aparecen los valores del parámetro Dureza Total (expresada como Ion Bicarbonato) presentes en el agua de mezclado, los cuales están dentro del rango permitido en todos los sitios muestreados. Podemos concluir entonces que el parámetro en cuestión no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que estando estos dentro de los límites tolerables; persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 70. Valor adquirido del parámetro Dureza Cálctica en todos los sitios muestreados.

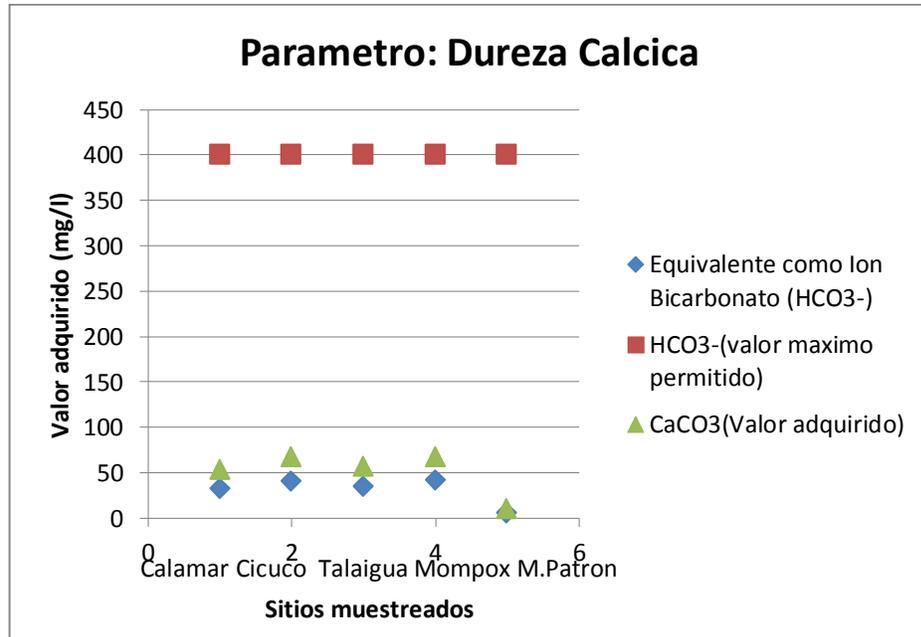


Tabla 53. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Dureza Calcica con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO ₃ (Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	HCO ₃ ⁻ (valor maximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	54	32,94	400
CICUCO	3000	2198	67	40,87	400
TALAIGUA	3000	2239	57	34,77	400
MOMPOX	3000	2143	68	41,48	400
POTABLE	3000	2898	10	6,1	400

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Tabla 54. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Dureza Calcica con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO3(Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO ₃ -)	HCO ₃ -(valor maximo permitido)
CALAMAR	4000	3180	54	32,94	400
CICUCO	4000	2541	67	40,87	400
TALAIGUA	4000	3001	57	34,77	400
MOMPOX	4000	2628	68	41,48	400
POTABLE	4000	3870	10	6,1	400

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 53 y 54 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 70, en donde aparecen los valores del parámetro Dureza Calcica (expresada como Ion Bicarbonato) presentes en el agua de mezclado, los cuales están dentro del rango permitido en todos los sitios muestreados. Podemos concluir que el parámetro en cuestión no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que estando estos dentro de los límites tolerables; es una realidad que persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Grafica 71. Valor adquirido del parámetro Alcalinidad Total en todos los sitios muestreados.

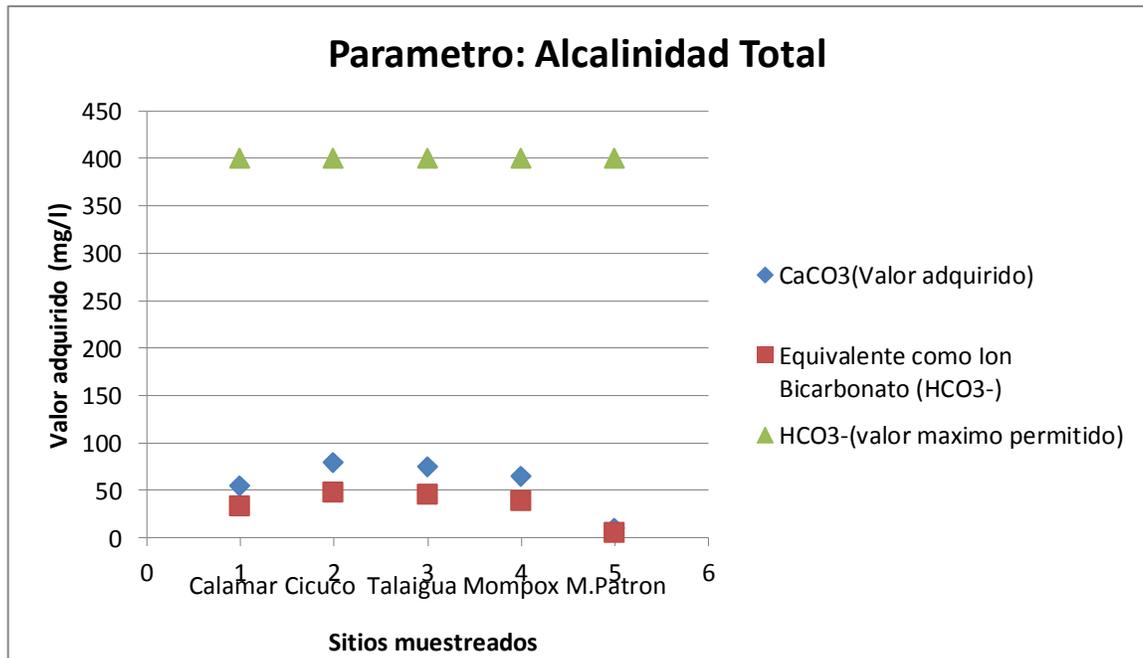


Tabla 55. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Alcalinidad Total con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 3000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO3(Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO3-)	HCO3-(valor maximo permitido)
CALAMAR	3000	2397	55	33,55	400
CICUCO	3000	2198	80	48,8	400
TALAIQUA	3000	2239	75	45,75	400
MOMPOX	3000	2143	65	39,65	400
POTABLE	3000	2898	10	6,1	400

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

Tabla 56. Valores adquiridos del parámetro físico-químico Alcalinidad Total con respecto a los permitidos y resistencias a compresión adquiridas para concretos diseñados a 4000 psi.

DESCRIPCION	RESISTENCIA DE DISEÑO	Resistencia adquirida promedio	CaCO3(Valor adquirido)	Equivalente como Ion Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	HCO ₃ ⁻ (valor maximo permitido)
CALAMAR	4000	3180	55	33,55	400
CICUCO	4000	2541	80	48,8	400
TALAIGUA	4000	3001	75	45,75	400
MOMPOX	4000	2628	65	39,65	400
POTABLE	4000	3870	10	6,1	400

Analizando la Grafica 63 y 64 o Tablas 55 y 56 podemos observar que los valores de las resistencias obtenidas para concretos de 3000 y 4000 psi están por debajo de las mínimas permitidas, si contrastamos este resultado con respecto a los obtenidos en la Grafica 71, en donde aparecen los valores del parámetro Dureza Cálctica (expresada como Ion Bicarbonato) presentes en el agua de mezclado, los cuales están dentro del rango permitido en todos los sitios muestreados. Podemos concluir que el parámetro en cuestión no tiene correlación respecto a la disminución de la resistencia adquirida ya que estando estos dentro de los límites tolerables; se observa que persiste la disminución en la resistencia de los concretos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en los valores de las resistencias a compresión de los cilindros preparados para las dos muestras de agua (agua rio Magdalena y agua potable), analizando los resultados obtenidos en la caracterización físico-química del agua del rio y los ensayos realizados al cemento, a los distintos agregados y al concreto, se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

➤ **Respecto al cemento y los agregados.**

Analizando los resultados de los ensayos para la caracterización del cemento, tales como su finura que fue de 99,10%, peso específico 3.13 gr/cm^3 , tiempo de fraguado 118.34 min y la consistencia normal del ensayo con relación agua cemento que se encuentra alrededor de un 26 % a 27% de la muestra de cemento. Estos valores se encuentran dentro de los límites de la Norma. Los efectos obtenidos de los diferentes ensayos de caracterización de los agregados finos y gruesos, los resultados fueron favorables ya que las propiedades como el peso específico para agregado fino 2.63 gr/cm^3 y agregado grueso 2.53 gr/cm^3 , peso unitario compactado fino de 1658.75 kg/m^3 y para grueso de 1701.36 kg/m^3 , estos determinan que los concretos tengan buena resistencia y durabilidad. De lo anterior se puede ultimar que los materiales utilizados en la elaboración de concreto tales como son el cemento y los agregados, tienen especificaciones de buena calidad permitiendo que no se vea afectada la resistencia a compresión de los cilindros.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

➤ **Respecto a la resistencia adquirida en concretos elaborados con agua de Rio Magdalena**

Basándonos en las derivaciones obtenidas en las resistencias de los cilindros hechos con el agua Patrón (potable) que fueron del 96% al 97% de la resistencia deseada, y comparándolos con los resultados de las resistencias de los cilindros elaborados con el agua del rio Magdalena que se encuentran en el rango de 64% a 80%, Se puede deducir que la utilización del agua de Rio disminuyó considerablemente las propiedades de las mezclas de concreto.

Comparando los resultados obtenidos y las investigaciones realizadas en los años 2010, 2011 y 2012 por parte de estudiantes de la Universidad de Cartagena, en estos mismos municipios donde se obtuvieron resistencias del 66% a 73% para agua de rio y 97% a 98% para agua potable, se llega a la conclusión de que no es conveniente la utilización de este tipo de agua para la elaboración de mezclas de concreto utilizadas en elementos estructurales, ya que se encuentran excesivamente por debajo del límite permitido.

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

- **Respecto a la correlación existente entre los parámetros físico-químicos y la resistencia a la compresión adquirida en concretos elaborados con agua de Río Magdalena.**

Analizando los resultados obtenidos en la caracterización físico-química del agua del Río Magdalena en los municipios de Calamar, Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompox se observó que los valores de los parámetros: PH, cloruros, Sulfatos, Dureza Total, Dureza Calcica, Alcalinidad y Sales de hierro presentes en el agua de mezclado, todos están dentro del rango tolerable por la norma. Podemos concluir entonces que *no existe correlación alguna entre la concentración existente de estos parámetros presentes en el agua de mezclado y la disminución de la resistencia adquirida en concretos*, ya que estando todos dentro de los límites tolerables, la disminución considerable de la resistencia a compresión persistió.

Con respecto al parámetro PH, en el municipio de Cicuco Bolívar se presentó una excepción referente al valor obtenido, siendo este de 5.88, el cual se encuentra sensiblemente fuera del rango de 6 a 8 establecido por la norma. Consideramos este valor irrelevante en la influencia de la resistencia obtenida ya que en tres de los cuatro sitios, es decir que en el 75% de los sitios muestreados se presentaron valores aptos dentro del rango y aun así se observó amplia disminución en la resistencia adquirida. Cabe destacar que existen normas las cuales amplían el rango del límite tolerable de este parámetro, es un ejemplo la Norma Técnica Peruana (NTP-339.088) en la cual el rango de valores permitidos para el PH está entre 5 y 8.

Una limitación en nuestro alcance consistió en la cantidad de parámetros analizados debido al presupuesto disponible ya que analizarlos todos implicaría un costo adicional que no podríamos suplir. Sugerimos analizar el resto de parámetros probablemente implicados en el cambio de la resistencia a compresión de concretos, dándole peso a dos en especial: materia orgánica y sólidos suspendidos.

Investigaciones anteriores en esta línea y tema demuestran la importancia que tienen los parámetros materia orgánica y sólidos suspendidos. El proyecto identificado con el nombre

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

de Análisis de la Influencia De La Disminución de las Partículas en Suspensión del Agua del Rio Magdalena, sobre la Resistencia de Mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Mompo, realizada por los estudiantes Carlos Andres Carmona Sanjuan y Ana Elida Puerta Vergara, estudiantes de la Universidad de Cartagena en el año 2011, proyecto que en cuyo análisis físico-químico se observó que los sólidos en suspensión estaban por fuera de los límites tolerables; no se analizó el parámetro materia orgánica, dándole entonces toda la importancia en la causa de la disminución de la resistencia adquirida de los concretos al parámetro sólidos suspendidos. Hecho interesante ocurrió cuando utilizaron métodos para la mitigación de los probables efectos que tienen los sólidos suspendidos en el agua de mezclado al utilizar alumbre para decantar estas partículas o también aumentaron el contenido de cemento en un 20%, obteniendo así resultados esperados respecto a un aumento considerable de la resistencia en concretos de 3000 y 4000 psi. En este proyecto se observó que al mitigar el efecto de las partículas contenidas en el agua se logró un aumento importante en la resistencia.

El segundo proyecto en mención, identificado como Análisis de la influencia del agua del Rio Magdalena sobre la Resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Calamar, realizada por los estudiantes Luis Miguel Padilla Wong y Jonatán Vásquez Coneo, estudiantes de la Universidad de Cartagena en el año 2012, toma una vital importancia debido a que en este proyecto el parámetro sólidos suspendidos esta dentro de los límites; en cambio surge un parámetro el cual está fuera de los límites tolerables llamado materia orgánica y que no se analizó en el proyecto del 2011.

Es por eso que sugerimos que en investigaciones futuras se incluya como parámetros fundamentales a observar los identificados como: sólidos suspendidos y materia orgánica.

Por último se puede indicar que este proyecto de investigación es de suma importancia debido a que se amplía la cobertura de los parámetros físico-químicos analizados para llegar a los verdaderamente importantes respecto a la influencia sobre la disminución de la resistencia de los concretos teniendo en cuenta que se tomaron muestras en la gran mayoría de los municipios en los cuales ya se habían hecho anteriores proyectos en esta línea.

8. BIBLIOGRAFIA

- CABALLERO MATUTE, José Félix. (2010). Análisis de la influencia del agua del río Magdalena como agua de mezclado en las propiedades del concreto de 3000 y 4000 psi.
- CARMONA SAN JUAN, Carlos A. (2011). Análisis de la influencia de la disminución de las partículas en suspensión del agua del río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Mompox.
- PADILLA WONG, Luis Miguel.(2012) Análisis de la influencia de la disminución de las partículas en suspensión del agua del río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi en el municipio de Calamar
- KOSMATKA, Steven et al. (2004). Diseño y control de mezclas. México: Portland Cement Assotiation
- NORMA TECNICA COLOMBIANA. CONCRETO. Ensayo a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto (NTC 673)
- JOAQUIN VILORIA DE LAHOZ (2011)La Economía Anfibia de Mompox. Num 148. P 4. 2011
- Sitio oficial web de Talaigua Nuevo Bolivar: <http://talaiguanuevo-bolivar.gov.co/index.shtml>
- Sitio oficial web de CicucoBolivar: <http://cicuco-bolivar.gov.co/index.shtml>
- Sitio oficial web de Calamar Bolivar:<http://calamar-bolivar.gov.co/index.shtml>
- Agua de Bolívar S.A. E.S.P - Consorcio Gerencia PDA Bolívar. (2011). PLAN GENERAL ESTRATÉGICO Y DE INVERSIONES– PDA BOLÍVAR. Gobernación de Bolívar..
- Métodos analíticos del laboratorio de suelos (6a ed.). Bogotá Instituto Geográfico Agustín Codazzi

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA

9. ANEXOS

Tiquete valido para el viaje realizado en ferri hacia Cicuco, Talaigua Nuevo y Mompo

FECHA EXPEDICION		FECHA VIAJE	
		25 04 13	
CODIGO ORIGEN		GESTIVO	
		Yacuti	
NOMBRE			
TARIFA		PUERTO	
25000			
HORA		No. EMBARCACION	No. MICROBUS
4:00 pm			
ORIGEN RUTA		DESTINO RUTA	
		Bosque-yacuti	
No. PATENTE	No. PLACA		
BPM	979		
TIQUETE		Nº 13694	
VALIDO PARA VIAJAR UNICAMENTE EN LA FECHA Y HORA INDICADA			

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**

Resultados de la caracterización de la muestra de agua del rio Magdalena en los sitios en donde se tomó la muestra:



LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO
DE AGUAS Y ALIMENTOS

MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - SANTA FE DE BOGOTA

Manja Callejón Dandy D 23A 21475 Telax 6647047
email: info@laboratoriomigueltorres.com
Cartagena - Colombia

**ANALISIS FISICOQUIMICO
DE AGUAS**

FECHA DEL MUESTREO	5-VII-13
FECHA DEL ANALISIS	5-VII-13
EMPRESA	LUIS ARRAEZ SANCHEZ
TIPO DE MUESTRA	Agua Calamar
ANÁLISIS	Físicoquímico y Microbiológico
RECOLECTOR	Personal de la empresa

FISICOQUIMICO

16711

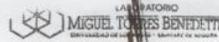
PARÁMETROS	Calamar	V. REF (Agua Potable)	METODO
pH	6.85	6.5 – 9.0	Potenciometría
Alcalinidad Total (CaCO ₃) mg/l	55	< 100 mg/l	Titulometría
Cloruros (Cl.) mg/l	19	< 250 mg/l	Argentometría
Dureza Total (CaCO ₃) mg/l	56	< 300 mg/l	Titulometría
Dureza Cañica (CaCO ₃) mg/l	54	< 60 mg/l	Titulometría
Conductividad (microsim/cm2)	130	< 1000 microsim/cm2	Conductimetría
Sulfatos (SO ₄) mg/l	15	< 250 mg/l	Nefelometría
Hierro (Fe) mg/l	1.00	< 0.3 mg/l	Colorimetría
Turbidez	122	< 2.0 NTU	Colorimetría
Aluminio(Al)mg/l	-	< 0.2 mg/l	Colorimetría
TDS mg/l	181	<500 mg/l	Electrometría

MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Calamar	V. REF (Agua Potable)	TECNICAS
Mesófilos Aerobios (ufc/ml)	> 300	< 100 ufc/ml	RECUESTO EN PLACA
Coliformes Totales (ufc/100ml)	8000	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA
Coliformes Fecales (ufc/100ml)	300	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA

Nota: No cumple con los parámetros microbiológicos exigidos.

Atentamente

LABORATORIO
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - SANTA FE DE BOGOTA

Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos de Aguas y Lácteos - Microbiología de Alimentos - Asesoría en Control de Calidad - Físicoquímicos de suelos.
www.laboratoriomigueltorres.com

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA



LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO
DE AGUAS Y ALIMENTOS
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - SANTA FE DE BOGOTA
Manja Callejón Dandy Cl 29A 21A75 - Telfax 0647047
email: info@laboratoriomigueltorres.com
Cartagena - Colombia

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS

FECHA DEL MUESTREO	5-VII-13
FECHA DEL ANALISIS	5-VII-13
EMPRESA	LUIS ARRAEZ SANCHEZ
TIPO DE MUESTRA	Agua Cicuco
ANALISIS	Físicoquímico y Microbiológico
RECOLECTOR	Personal de la empresa

FISICOQUIMICO

16711

PARÁMETROS	Cicuco	V. REF (Agua Potable)	METODO
pH	5.88	6.5 – 9.0	Potenciometria
Alcalinidad Total (CaCO ₃) mg/l	80	< 100 mg/l	Titulometria
Cloruros (Cl.) mg/l	15	< 250 mg/l	Argentometrico
Dureza Total (CaCO ₃) mg/l	70	< 300 mg/l	Titulometria
Dureza Calcica (CaCO ₃) mg/l	67	< 60 mg/l	Titulometria
Conductividad (microsim/cm2)	167	< 1000 microsim/cm2	Conductimetria
Sulfatos (SO ₄) mg/l	20	< 250 mg/l	Nefelometria
Hierro (Fe) mg/l	0.52	< 0.3 mg/l	Colorimetria
Turbidez	23.8	< 2.0 NTU	Colorimetria
Aluminio(Al)mg/l	-	< 0.2 mg/l	Colorimetria
TDS mg/l	186	<500 mg/l	Electrometria

MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Cicuco	V. REF (Agua Potable)	TECNICAS
Mesófilos Aerobios (ufc/ml)	> 300	< 100 ufc/ml	RECUESTO EN PLACA
Coliformes Totales (ufc/100ml)	7200	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA
Coliformes Fecales (ufc/100ml)	60	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA

Nota: No cumple con los parámetros microbiológicos exigidos.



Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos de Aguas y Líquidos - Microbiología de Alimentos - Asesoría en Control de Calidad - Físicoquímicos de Suelos

www.laboratoriomigueltorres.com

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA



LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO
DE AGUAS Y ALIMENTOS
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SANTA FE DE BOGOTA
Manza Callejón Dandy Cl 29A 21A75 Telfax 6647047
email: info@laboratoriomigueltorres.com
Cartagena - Colombia

ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS

FECHA DEL MUESTREO	5-VII-13
FECHA DEL ANALISIS	5-VII-13
EMPRESA	LUIS ARRAEZ SANCHEZ
TIPO DE MUESTRA	Agua Talaigua
ANÁLISIS	Físicoquímico y Microbiológico
RECOLECTOR	Personal de la empresa

FISICOQUIMICO

16711

PARÁMETROS	V. REF		METODO
	Talaigua	(Agua Potable)	
pH	6.13	6.5 - 9.0	Potenciometrico
Alcalinidad Total (CaCO ₃) mg/l	75	< 100 mg/l	Titulometria
Cloruros (Cl.) mg/l	60	< 250 mg/l	Argentometrico
Dureza Total (CaCO ₃) mg/l	57	< 300 mg/l	Titulometria
Dureza Calcica (CaCO ₃) mg/l	57	< 60 mg/l	Titulometria
Conductividad (microsim/cm2)	167	< 1000 microsim/cm2	Conductimetria
Sulfatos (SO ₄) mg/l	21	< 250 mg/l	Nefelometria
Hierro (Fe) mg/l	1.75	< 0.3 mg/l	Colorimetria
Turbidez	151	< 2.0 NTU	Colorimetria
Aluminio(Al)mg/l	-	< 0.2 mg/l	Colorimetria
TDS mg/l	183	<500 mg/l	Electrometria

MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	V. REF		TECNICAS
	Talaigua	(Agua Potable)	
Mesófilos Aerobios (ufc/ml)	> 300	< 100 ufc/ml	RECUESTO EN PLACA
Coliformes Totales (ufc/100ml)	5300	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA
Coliformes Fecales (ufc/100ml)	2300	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA

Nota: No cumple con los parámetros microbiológicos exigidos.

Atentamente

LABORATORIO
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SANTA FE DE BOGOTA

Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos de Aguas y Líquidos - Microbiología de Alimentos - Asesoría en Control de Calidad - Físicoquímicos de Suelos.
www.laboratoriomigueltorres.com

CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA



LABORATORIO BACTERIOLOGICO Y FISICOQUIMICO
DE AGUAS Y ALIMENTOS
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - SANTA FE DE BOGOTA
Mano Callejón Dandy Cl 29A 21A75 Telfax 6647047
email: info@laboratoriomigueltorres.com
Cartagena - Colombia

**ANALISIS FISICOQUIMICO
DE AGUAS**

FECHA DEL MUESTREO	5-VII-13
FECHA DEL ANALISIS	5-VII-13
EMPRESA	LUIS ARRAEZ SANCHEZ
TIPO DE MUESTRA	Agua Mompox
ANÁLISIS	Físicoquímico y Microbiológico
RECOLECTOR	Personal de la empresa

FISICOQUIMICO

16711

PARÁMETROS	Mompox	V. REF (Agua Potable)	METODO
pH	6.5	6.5 – 9.0	Potenciometrico
Alcalinidad Total (CaCO ₃) mg/l	65	< 100 mg/l	Titulometria
Cloruros (Cl) mg/l	15	< 250 mg/l	Argentometrico
Dureza Total (CaCO ₃) mg/l	72	< 300 mg/l	Titulometria
Dureza Calcica (CaCO ₃) mg/l	68	< 60 mg/l	Titulometria
Conductividad (microsim/cm2)	163	< 1000 microsim/cm2	Conductimetria
Sulfatos (SO ₄) mg/l	18	< 250 mg/l	Nefelometria
Hierro (Fe) mg/l	3.66	< 0.3 mg/l	Colorimetria
Turbidez	210	< 2.0 NTU	Colorimetria
Aluminio(Al)mg/l	-	< 0.2 mg/l	Colorimetria
TDS mg/l	183	<500 mg/l	Electrometria

MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Mompox	V. REF (Agua Potable)	TECNICA
Mesófilos Aerobios (ufc/ml)	3800	< 100 ufc/ml	RECUESTO EN PLACA
Coliformes Totales (ufc/100ml)	1000	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA
Coliformes Fecales (ufc/100ml)	Cero	Cero ufc/100ml	FILTRACION POR MEMBRANA

Nota: No cumple con los parámetros microbiológicos exigidos.

Atentamente

LABORATORIO
MIGUEL TORRES BENEDETTI
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - SANTA FE DE BOGOTA

Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos de Aguas y Lácteos - Microbiología de Alimentos - Asesoría en Control de Calidad - Físicoquímicos de Suelos

www.laboratoriomigueltorres.com

**CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGUA DEL RIO MAGDALENA**