AGUAS LLUVIAS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS: ALTERNATIVAS PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN Y CONTRIBUCIÓN A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.

Diego Alejandro Rodríguez Gaviria

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Sede Medellín

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Área curricular de Construcción y Hábitat

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN

Modalidad Profundización

Línea De Investigación: Construcción Sostenible

2021

AGUAS LLUVIAS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS: ALTERNATIVAS PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN Y CONTRIBUCIÓN A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.

TRABAJO DE GRADO

Por:

Diego Alejandro Rodríguez Gaviria

Ingeniero Civil - Especialista

Tutor:

Edgar Adolfo Cano Restrepo

Arquitecto Constructor – Especialista - Magíster

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Sede Medellín

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Área curricular de Construcción y Hábitat

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN

Modalidad Profundización

Línea De Investigación: Construcción Sostenible

2021

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente darle gracias a Dios por permitir culminar este gran proceso y proyecto en mi vida, a mi esposa Catherine y a mis hijos Mariangel y Emmanuel, porque son el motivo de que sea mejor ser humano y profesional cada día, a mi Padre Buenaventura que siempre fue mi apoyo incondicional y la persona que me dio la iniciativa de este proyecto y que a pesar que terrenalmente no se encuentra conmigo le dedico este gran logro personal; por otra parte, a mi Madre Idaly que también ha sido parte de este proceso y que ha sido una persona fundamental en mi vida ya que con su optimismo y positivismo logré culminar este proyecto; finalmente, le quiero dar las gracias a mi Director Edgar Cano que con su acompañamiento, directriz, experiencia y sabiduría, me dio las pautas desde el inicio y culminación de mi trabajo de grado.

RESUMEN

En el municipio de Arauca se presenta desabastecimiento de agua potable debido al gran nivel de contaminación que presenta el cuerpo de agua donde se realiza la captación para el sistema de acueducto, además de las fallas e ineficiencias que presenta el sistema debido a su antigüedad; por este motivo se hace necesario buscar alternativas que permitan optimizar el agua potable procedente de dicho sistema y reducir el impacto ambiental que se genera por la captación excesiva de agua en el río, en épocas de sequía.

La reutilización de las aguas lluvias y la extracción de las aguas subterráneas pueden ser alternativas que ayuden a mitigar el impacto ambiental generado por el campo de la Construcción en el departamento de Arauca, además, implementar estos sistemas de recolección es simple, pues no tienen grandes variaciones entre sí; la mayoría consta básicamente de tres componentes: captación, conducción y almacenamiento, de acuerdo con lo que establece (Abdulla & AlShareef, 2006); logrando con esto la reducción de la utilización del agua potable en la fabricación de concreto en el sector público y privado, contribuyendo también a la reducción del procesamiento químico que se le da al agua potable.

En este trabajo se realiza el análisis comparativo del comportamiento al esfuerzo de compresión que presenta el concreto cuando se fabrica con tres tipos de agua diferentes: agua potable, agua subterránea y agua lluvia; para lograr identificar qué tan viable técnicamente resulta fabricar concreto con agua diferente a la potable, buscando una alternativa que permita cuidar el medio ambiente cumpliendo con la normatividad colombiana NSR-10 (Norma Sismo Resistente) cuyo título C tiene como referencia específicamente el "Concreto Estructural". Adicionalmente, se evaluará que se cumpla con las Normas técnicas colombianas NTC 3459 (Concretos. Agua para la elaboración de Concreto), NTC 5551 (Concretos. Durabilidad de estructuras de Concreto) y NTC 673 (Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto).

Palabras Claves: Aguas lluvias, Aguas subterráneas, Agua potable, resistencia a la compresión, construcción sostenible.

RAINWATER AND GROUNDWATER: ALTERNATIVES FOR THE MANUFACTURE OF CONCRETE AND CONTRIBUTION TO A REDUCED ENVIRONMENTAL IMPACT GENERATED BY THE CONSTRUCTION WORKS IN THE PUBLIC AND PRIVATE SECTOR OF THE MUNICIPALITY OF ARAUCA.

ABSTRACT

In the municipality of Arauca, there is a shortage of drinking water due to the high level of contamination that the body of water presents where the collection for the aqueduct system is carried out, in addition to the failures and inefficiencies that the system presents due to its age; This is why it is necessary to look for alternatives that allow the optimization of drinking water from said system and reduce the environmental impact generated by the excessive uptake of water in the river, in times of drought.

The reuse of rainwater and the extraction of groundwater can be alternatives that help mitigate the environmental impact generated by the Construction field in the department of Arauca, in addition, implementing these collection systems is simple, since they do not have large variations between them, the majority basically consist of three components: collection, conduction and storage (Abdulla and Al-Shareef, 2006); and this would allow reducing the use of drinking water in the manufacture of concrete in the private public sector, as well as reducing the chemical processing that is given to drinking water.

In this work the comparative analysis of the compressive behavior that concrete presents when it is manufactured with three different types of water is carried out: drinking water, underground water and rainwater; in order to identify how technically feasible it is to manufacture concrete with water other than drinking water, looking for an alternative that allows caring for the environment, complying with the Colombian NSR-10 standard (Earthquake Resistant Standard) whose title C specifically refers to “Structural Concrete ”. Additionally, compliance with the Colombian technical standards NTC 3459 (Concrete. Water for the preparation of Concrete), NTC 5551 (Concrete. Durability of concrete

structures) and NTC 673 (Concrete. Compression resistance test of specimens) will be evaluated. cylindrical concrete).

Key words: Rainwater, Groundwater, Drinking water, resistance to compression.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES 12
1.1 TEMA 12
1.2 PROBLEMA 14
1.2.1 Planteamiento del Problema 14
1.2.2.1 Pregunta principal 19
1.2.2.2 Preguntas secundarias 19
1.2.3 OBJETIVOS 19
1.2.3.1 Objetivo General 19
1.2.3.2 1.2.3.2 Objetivos Específicos 20
1.2.4 JUSTIFICACIÓN 20
1.3 ANTECEDENTES 24
1.4 HIPÓTESIS 24
1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN 25
CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE 25
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO 31
3.1 El concreto 31
3.2 Agua para concreto: 32
3.3 Agua lluvia: 34
3.3.1. Captación de aguas lluvia 35
3.4 Aguas subterráneas: 36
3.5 Agua potable 37
3.6 Legislación ambiental 38
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA 40
4.1 Etapas de la investigación. 41
4.2 Matriz metodológica 41
4.3 Materiales y equipos 43
4.3.1 Sistema de recolección de Agua lluvia 43
4.3.2 Sistema de captación del Agua subterránea 43
4.3.3 sistema de captación del Agua potable 43

4.3.4 Cemento 44
4.3.5 Agregados 44
4.3.5.1 Agregado grueso 44
4.3.5.2 agregado fino 44
4.3.6 Variables de los materiales a utilizar 44
CAPÍTULO 5. CONTEXTO 46
5.1 Lugar geográfico para el desarrollo de la investigación 46
5.2 Servicio de agua potable en el municipio de Arauca. 47
5.3 Procedencia del agua potable en el municipio de Arauca. 48
5.4 Monitoreo de aguas lluvias en Arauca 48
5.5 Monitoreo de aguas subterráneas en Arauca. 49
5.6 Puntos de muestreo y laboratorio 49
CAPÍTULO 6. RESULTADOS 52
6.1 Caracterización de los materiales 52
6.1.1 Agua lluvia 52
6.1.2 Agua subterránea 57
6.1.3 Agua potable 62
6.1.4 Cemento 67
6.1.5 Agregados 68
6.2 Diseño de mezclas 74
6.3 Elaboración de cilindros 76
6.4 Curado de los cilindros 79
6.5 Fallado de cilindros 80
6.6 Análisis de resultados 81
6.6.1 Resultados de ensayo a compresión 81
6.6.2 Comparación de resistencias 85
6.7 Requisitos legales para la utilización de agua lluvia y subterránea 87
CONCLUSIONES 88
Referencias Bibliográficas 90

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.	Impacto ambiental del sector de la construcción	15
Figura 2.	Figura 2. Distribución de hogares para la obtención del agua para consumo. Arauca – 2009	16
Figura 3.	Panorama de centros poblados a orillas del rio Arauca	18
Figura 4.	Área de estudio de contaminación ambiental captación y PTAP del municipio de Arauca.	18
Figura 5.	Ubicación geográfica del departamento de Arauca	46
Figura 6.	Ubicación geográfica del municipio de Arauca	47
Figura 7.	Ubicación geográfica Institución Normal María Inmaculada	47
Figura 8.	Registro fotográfico de sistema de recolección de aguas lluvias.	50
Figura 9.	Registro fotográfico de construcción de puntillo para recolección de agua subterránea	51
Figura 10.	Resultado químico para aguas lluvias muestra No. 1	53
Figura 11.	Resultado químico para aguas lluvias muestra No. 2	54
Figura 12.	Resultado químico para aguas lluvias muestra No. 3	54
Figura 13.	Resultado químico para agua subterránea muestra No. 1	58
Figura 14.	Resultado químico para agua subterránea muestra No. 2	59
Figura 15.	Resultado químico para agua subterránea muestra No. 3	60
Figura 16.	Resultado químico para agua potable muestra No. 1	63
Figura 17.	Resultado químico para agua potable muestra No. 2	64
Figura 18.	Resultado químico para agua potable muestra No. 3	65
Figura 19.	Registro fotográfico caracterización de agua lluvia, subterránea y potable	67
Figura 20.	Ensayo granulométrico para agregados gruesos	69

Figura 21. Ensayo granulométrico para agregados finos 70

Figura 22. Ensayo Fuller y Bolomey para combinación de materiales 71

Figura 23. Ensayo peso específico para agregados 72

Figura 24. Ensayo peso unitario para agregados 73

Figura 25. Diseño de mezclas de concreto 76

Figura 26. Registro fotográfico de elaboración de cilindros de concreto 77

Figura 27. Registro fotográfico del curado de cilindros de concreto 79

Figura 28. Registro fotográfico de fallado de cilindros 81

Figura 29. Resultados de ensayos a compresión de cilindros elaborados con agua lluvia 82

Figura 30. Resultados de ensayos a compresión de cilindros elaborados con agua subterránea 83

Figura 31. Resultados de ensayos a compresión de cilindros elaborados con agua potable 84

Figura 32. Gráfica comparativa de resistencias a la compresión alcanzada por las mezclas de concreto 86

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Obtención del agua para consumo, por zona de residencia. Arauca – 2009	16
Tabla 2.	Dosificación de hormigón según la norma.	22
Tabla 3.	Proyección anual de la demanda del recurso hídrico	23
Tabla 4.	Estado del arte sobre fabricación de hormigón con aguas lluvias y aguas subterráneas.	26
Tabla 5.	Dosificación de mezclas de concreto.	32
Tabla 6.	Límites de impurezas permitidos en el agua de una mezcla	33
Tabla 7.	Clasificación de la lluvia de acuerdo a su pH	34
Tabla 8.	Etapas de la investigación	41
Tabla 9.	Matriz metodológica	41
Tabla 10.	Tabla No. 10 parámetros físico- químicos de la NTC 3459	45
Tabla 11.	Valores de los parámetros físico – químicos de las aguas lluvias	56
Tabla 12.	Valores de los parámetros físico – químicos del agua subterránea	61
Tabla 13.	Valores de los parámetros físico – químicos del agua potable	66
Tabla 14	Características mecánicas de los agregados pétreos	68
Tabla 15	Características del diseño de mezcla	74
Tabla 16	Cantidades por peso de la mezcla de concreto	74
Tabla 17	Cantidades por volumen de la mezcla de concreto	75
Tabla 18	Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 7 días	85
Tabla 19	Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 14 días	85
Tabla 20	Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 28 días	86

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 TEMA

El concreto es el material de construcción más utilizado en todo el mundo, se compone de la mezcla de agregados pétreos finos y gruesos (arena y triturado o grava), cada uno en una proporción adecuada dependiendo de la resistencia requerida para lograr la pasta de cemento y agua. Su trabajo inicia desde el momento en que las partículas del cemento entran en contacto con el agua, iniciando una reacción química que permite la adherencia entre las partículas de los agregados formando, así un material homogéneo que se endurece proporcionando solidez y resistencia. Se debe considerar que la finalidad de una estructura de concreto es garantizar la capacidad de comportarse satisfactoriamente frente acciones físicas, químicas, mecánicas y a condiciones de agresividad del ambiente (humedad relativa, temperatura, viento, entre otros) (Ferreira Cuellar & Torres , 2014).

Por otra parte, el concreto cuando se encuentra expuesto a gases, aguas y suelos que contengan productos químicos agresivos, puede ser afectado los cambios de presión, temperatura y el accionar de los químicos, lo cual puede exponer a una situación vulnerable a dicho material.

En ese sentido, el agua al ser uno de los componentes principales para las mezclas de concreto, al actuar como el agente que le permite al cemento desarrollar su capacidad ligante, debe estar libre de sustancias que afecten su eficacia (Bueno Osuna & Valencia Giraldo , 2017), siendo este uno de los factores que más puede llegar a incidir en su resistencia. Así pues, cuando se desconoce la procedencia del agua utilizada y su composición química, se corre un gran riesgo, porque si la relación agua / cemento (a/c) sea la deseada , no se sabe si en el interior del hormigón el agua provocará un beneficio o un inconveniente. (Carrasco, 2013).

De acuerdo a ello, es necesario prestar suma importancia al agua como elemento de la mezcla de concreto, teniendo en cuenta que se trata de un recurso fundamental para la sustentación de la vida, y por ende para el desarrollo socioeconómico, expresado en actividades como la producción de alimentos, generación de energía y el resto de actividades que resultan indispensables para el bienestar el ser humano.

No obstante, el recurso agua, según la (Organización de las Naciones Unidas, 2017), atraviesa una crisis mundial por el desabastecimiento que se genera por factores como la creciente demanda de la misma para satisfacer necesidades humanas, comerciales y agrícolas, es por esto que cualquier actividad que implique la utilización de este recurso, debe ser optimizada a partir de alternativas que permitan reducir el consumo de agua potable.

En el caso del municipio de Arauca, pese a contar con una fuente hídrica cercana como lo es el rio que lleva el nombre del municipio, no es ajeno al hecho de que en el desarrollo de las diferentes actividades se debe mitigar el impacto ambiental por consumo de agua generado, entre otros sectores por el sector de la construcción pública y privada.

Así, el agua del municipio de Arauca es un tema de investigación importante, desde la óptica ambiental, pero también desde la óptica del impacto que puede generar la calidad de esta en las construcciones que se adelantan usando concreto y este preciado recurso natural.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 Planteamiento del Problema

En Colombia comúnmente se cree que el país es una potencia mundial en materia de recursos hídricos, y que, al poseer tantos ríos a lo largo de su territorio, se cuenta con una disponibilidad casi infinita de agua que podría hacerse potable. Sin embargo, no es de conocimiento de todos los ciudadanos que según el ministerio del medio ambiente, a pesar de contar con una gran cantidad de ríos, algunos con caudales abundantes; en la mayoría de los centros más poblados los ríos y demás fuentes hídricas se encuentran contaminadas, debido a que la industria, el sector agropecuario y las aguas domésticas generan aproximadamente nueve mil toneladas de materia orgánica contaminante, lo que ocasiona un gran problema ambiental que afecta la futura potabilización del agua (Agencia de Noticias Universidad Nacional , 2011).

La utilización del agua es entonces, una situación que ocupa la atención de diversos sectores, dado que el agua es la fuente de vida y el sustento de los ecosistemas, es por eso que las acciones de conservación y optimización son directamente proporcionales los indicadores de calidad de vida, ya que, como lo demuestran las cifras, este recurso tiene la tendencia a escasear si no existe conciencia humana para su manejo. Conforme a ello, el agua apta para consumo humano, considerada como un derecho fundamental de los seres humanos según la organización de naciones unidas (ONU). (Organización de las Naciones Unidas, 2017)

Dentro de ese contexto, es importante señalar que desde hace varios años, en el sector de la construcción se ha estado confeccionando concreto con agua potabilizada, considerando que ésta es la idónea para permitir que el cemento reaccione adecuadamente y garantice la calidad de concreto que se necesita.

Sin embargo, no se han realizado estudios donde se contextualice acerca del impacto ambiental que se causa por esta actividad, ya que, si se habla de una escasez general del preciado líquido en relación con las actividades del consumo humano, se deben encontrar alternativas para que el sector construcción, pueda utilizar el agua desde otras fuentes.

En el siguiente gráfico se muestra el impacto ambiental que generan diferentes actividades relacionadas con el sector de la construcción en Colombia.

Figura 1. Impacto Ambiental del sector de la construcción

Fuente (Gestión, CYPE,2010)

En el municipio de Arauca, departamento Arauca, se elaboran los concretos para el sector de la construcción con agua procedente del sistema de acueducto; no obstante, debe tenerse en cuenta que en los últimos años, el casco urbano de esta ciudad fronteriza ha crecido de manera considerable, debido al impacto migratorio en consecuencia a la situación social, económica y política que actualmente vive Venezuela, esto también motivando un incremento adicional al consumo de agua potable, tendencia que de seguir creciendo, en un futuro no muy lejano empiecen a presentarse casos de desabastecimiento del líquido en diferentes sectores de la ciudad (Rodriguez, 2018).

De acuerdo a un estudio realizado en el municipio de Arauca del año 2009, se encuentra que el 60.0% de la población encuestada la obtiene mediante el sistema de la red de acueducto; sin embargo, en el área urbana la obtienen por este medio un 74,10% de la población, mientras que en el área rural se obtiene por el 1,4%.

Por otra parte, El 34.50% de la población encuestada obtiene el agua mediante un pozo profundo; tanto así, que en el área urbana se obtiene por este medio un 20,10% de la población, mientras que en área rural es obtenida por el 94,40%.

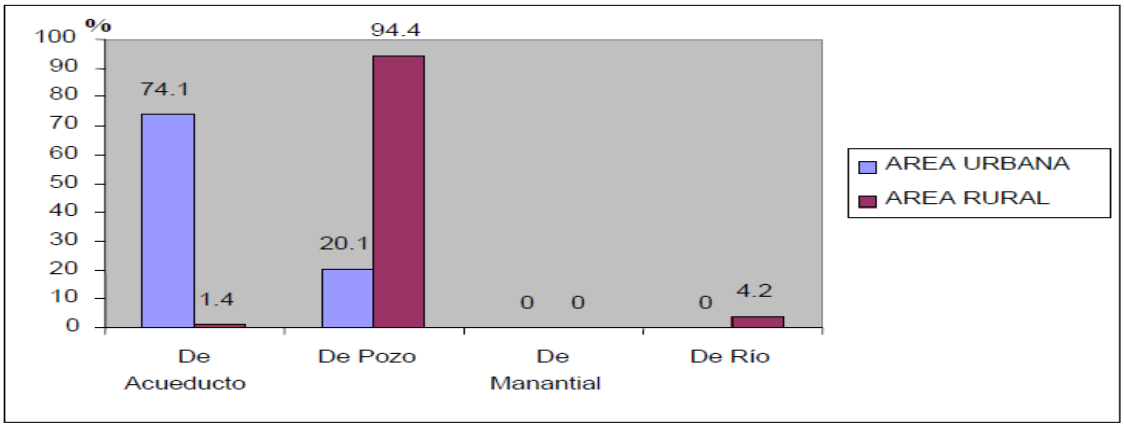
Cabe resaltar que, el 0.80% de la población encuestada obtiene el agua que consume por medio de un río; no obstante, en el área urbana no se consume el agua por este medio, mientras que en el área rural es obtenida por el 4,20% de la población encuestada; seguidamente, ninguno de los hogares del municipio de Arauca obtiene el agua por un manantial. (EMSERPA E.I.CE E.S.P., 2009)

Tabla No. 1. Obtención del agua para consumo, por zona de residencia. Arauca – 2009

Fuente de obtención	Urbano		Rural		Total	
	n	%	n	%	n	%
Acueducto	218	74,1	1	1,4	219	60,0
Pozo	59	20,1	67	94,4	126	34,5
Manantial	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Río	0	0,0	3	4,2	3	0,8
Total	**294**	100	**71**	**100**	**365**	**100**

Fuente. (EMSERPA E.I.CE E.S.P, 2009)

Figura 2. Distribución de hogares para la obtención del agua para consumo. Arauca – 2009



Fuente. (EMSERPA E.I.CE E.S.P, 2009)

El Río Arauca, presenta un alto grado de contaminación ambiental desde aguas arribas (sector barrancones) hasta el punto de captación para el sistema de agua potable, teniendo en cuenta que en estas zonas, existen invasiones, talleres automotores, espacios destinados para la disposición final de escombros, basuras, entre otros; además, estos sectores carecen de sistema de alcantarillado y pluvial, haciendo que descarguen toda la carga contaminante directamente sobre el río.

Se debe tener en cuenta que las aguas arriba de la captación vienen arrastrando todo tipo de desechos inorgánicos, plaguicidas, y otras sustancias químicas que sumados a la deforestación y quema de biomasa que realizan las personas en las zonas aledañas al río, ocasionan que el agua captada presente niveles altos de contaminación. A esto se suma que el municipio de Arauca cuenta con una laguna de oxidación que por su tecnología rudimentaria, no garantiza la devolución de aguas limpias a sus respectivos lechos. (Corporinoquia, 2011)

La red de distribución de acueducto del Municipio de Arauca no se encuentra sectorizada, disminuyendo la presión del agua durante la distribución a los usuarios en épocas de sequía; y la única fuente de abastecimiento del Rio Arauca presenta una turbiedad alta, elevada coloración, presencia de detergentes, fertilizantes en alta concentración, iones férrico y ferroso, la conductividad es baja y se detecta presencia de actividad microbiana; lo que genera que se necesiten tratamientos costosos para poder potabilizar estas aguas y hacerlas aptas para el consumo. (Corporinoquia, 2011)

Uno de los problemas ambientales más perjudiciales es la presencia de derrame de petróleo en la cuenca del río Arauca, afectando en su totalidad la fuente de abastecimiento y tratamientos químicos más delicados en el proceso de purificación del agua.

Figura 3. Panorama de centros poblados a orillas del río Arauca

Fuente (Gobernación de Arauca – Año 2017)

Figura 4. Área de estudio de contaminación ambiental, Captación y PTAP del municipio de Arauca.

Fuente (Google Earth) https://www.google.com/maps/@7.0778238,-70.7525297,6223m/data=!3m1!1e3

De acuerdo a las normas técnicas colombianas, el agua usada para fabricar concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales para el concreto o refuerzo; si el agua

contiene alguna impureza interfiere en la hidratación del cemento produciendo modificaciones del tiempo de fraguado, reduciendo la resistencia mecánica y causando eflorescencias en la superficie del hormigón y aumentando el riesgo de corrosión de las armaduras (Congreso internacional de Ingeniería Civil Tunja, 2016); por esta razón se debe tener cuidado con el tipo de agua con la cual se va a fabricar el concreto para los diferentes proyectos del municipio para que se eviten posibles fallas a futuro en las estructuras de concreto del municipio de Arauca.

1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.2.1 Pregunta principal

¿Qué diferencias físicas y mecánicas presenta un concreto fabricado con agua potable en comparación con otros fabricados con agua lluvia y subterránea del municipio de Arauca?

1.2.2.2 Preguntas secundarias

- ✓ ¿Cuáles serían los aportes a la industria de la construcción en Arauca, si se determina que una mezcla de concreto con aguas lluvias y aguas subterráneas cumple con los parámetros del agua de acuerdo con la NTC 3459 Y NTC 5551?
- ✓ ¿Qué ventajas y desventajas puede tener un concreto fabricado con aguas lluvias y/o subterráneas frente a uno fabricado con agua potable?
- ✓ ¿Qué incidencias ambientales se pueden tener al utilizar aguas lluvias y/o subterráneas para la fabricación de concreto en las construcciones del municipio de Arauca?

1.2.3 OBJETIVOS

1.2.3.1 Objetivo General

Evaluar la viabilidad de la elaboración de concreto con agua lluvia y subterránea para la disminución del impacto ambiental generado por las obras de construcción en el sector público y privado del municipio de Arauca.

1.2.3.2 1.2.3.2 Objetivos Específicos

✓ Determinar las diferencias físicas y mecánicas que presenta una mezcla de concreto fabricada con aguas lluvias, aguas subterráneas y agua potabilizada, en el municipio de Arauca.

✓ Realizar pruebas de resistencia a la compresión a mezclas de concreto simple fabricadas con agua lluvia, subterránea y potable.

✓ Establecer si las aguas lluvias y aguas subterráneas del municipio de Arauca satisfacen los parámetros y las características físico – químicas del agua establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC- 3459 y la NTC- 5551) para la elaboración de concreto.

✓ Identificar las incidencias ambientales que se tienen al emplear aguas lluvias y aguas subterráneas para fabricar concreto simple en el municipio de Arauca.

1.2.4 JUSTIFICACIÓN

El Municipio de Arauca, según la información suministrada por el DANE en el año 2014, cuenta con 87.242 habitantes (Plan de Desarrollo Municipal de Arauca , 2016); para este mismo año el SISBEN reportó 71.162 residentes en el municipio, y según sus datos, de sus 71.162 censados, el 80.9% habita en viviendas de la cabecera municipal, el 18.7% en la zona rural y el 0.3% restante en los centros poblados de los corregimientos. Del 80.9% que habita en la cabecera, más del 30% se concentra en la comuna 3 y el 21,6% se alberga en la comuna 4, es decir, en esta área se acumulan más del 50% de la población urbana. (Cruz & Hernandez, 2017)

De acuerdo con la Empresa Municipal de Servicios Públicos de Arauca EMSERPA E.I.C.E E.S.P el río Arauca abastece el sector urbano y rural del municipio de Arauca y, en el documento “plan de uso eficiente y ahorro de agua del municipio de Arauca” manifiesta que desde hace años se presentan diferentes inconvenientes que impiden el funcionamiento óptimo del sistema de acueducto en el municipio, inconvenientes que se describen de manera detallada a continuación:

- De manera general, se ha presentado una disminución en la disponibilidad de agua potable en el municipio, lo que ha afectado la presión con la que llega el líquido a algunos sectores y a su vez se ve interrumpido el servicio por lapsos cortos, afectando así la continuidad del servicio.
- La planta de tratamiento que realiza el proceso de potabilización de agua en el municipio fue inaugurada en el año 1997, y según las características del tipo de planta construida, su vida útil alcanza los 20 años, motivo por el cual esta planta actualmente no se encuentra en condiciones óptimas para el proceso de captación y potabilización
- El Rio Arauca, fuente de abastecimiento de la planta de tratamiento, presenta una turbiedad alta, elevada coloración, presencia de detergentes, fertilizantes en alta concentración, iones férrico y ferroso, la conductividad es baja y se detecta presencia de actividad microbiana, lo que hace más costoso el proceso de potabilización del agua. (Empresa Municipal de Servicios Públicos de Arauca, 2015)p.21
- En épocas de sequía se presentan bajas importantes en el caudal del río Arauca, motivo por el cual la presión de la red de distribución no es suficiente para garantizar la llegada de agua a todos los hogares araucanos. Por otro lado, en épocas de fuertes lluvias, la intensidad de las precipitaciones ocasiona que se generen crecientes en el río afectando la fuente de abastecimiento debido a la presencia de flujos concentrados, flujos de masa y flujos de lodos; continuamente, arrastrando a su paso troncos, árboles, escombros y demás elementos hacia las rejillas de la captación, ocasionado aumentos de los niveles de turbiedad hasta las 15.000 UNT (Unidades Nefelometrías de Turbiedad), lo cual dificulta el proceso de potabilización del agua (Empresa Municipal de Servicios Públicos de Arauca, 2015)p.10.
- Una amenaza importante en la fuente de abastecimiento es el derrame de crudo cada vez que se presentan atentados en el oleoducto caño limón Coveñas, ocasionado manchas de petróleo en esta fuente durante largos periodos.

Con estos acontecimientos es preocupante el horizonte del municipio de Arauca debido al alto riesgo de contaminación ambiental en la única fuente de abastecimiento de agua

potable; una manera de hacer frente a esta problemática es implementar acciones que permitan el aprovechamiento máximo del recurso hídrico tipo aguas lluvias y aguas subterráneas para diferentes actividades, una de ellas sería en la industria de la construcción, específicamente en la fabricación de mezclas de concreto y el curado del mismo.

Siendo así las cosas, para elaborar concretos se requiere un diseño de mezcla, el cual debe cumplir con una resistencia dada según su diseño, es preciso decir que, de acuerdo al diseño se tiene en cuenta cierta cantidad de agua para la confección del hormigón de acuerdo a la norma sismo-resistente colombiana del 2010 (NSR-10, titulo C). A continuación, se relaciona la siguiente tabla donde se especifica la cantidad de litros de agua necesarios para la elaboración de 1 m^3 de concreto:

Tabla No. 2. Dosificación de hormigón según norma

	MATERIALES			
RESISTENCIA EN PSI	**CEMENTO (KG)**	**ARENA (M3)**	**TRITURADO (M3)**	**AGUA (L)**
3500	420	0,67	0,67	220
3000	350	0,56	0,84	180
2500	300	0,48	0,96	170
2000	260	0,63	0,84	170
1500	210	0,5	1,0	160

Fuente. Norma sismo resistente de 2010. NSR-10, titulo C.

Por otro lado, en el casco urbano del municipio de Arauca, el sistema de acueducto a la fecha cuenta con 11.313 usuarios en el sector residencial, 618 usuarios en el sector no residencial conformado por la zona comercial y oficial, para un total de 11.931 usuarios. (EMSERPA E.I.CE E.S.P., 2009)

Tabla No. 3. Proyección anual de la demanda del recurso hídrico

DEMANDA POR AGUA POTABLE							
AÑOS DE PROYECCIÓN	***AÑO BASE 2009***		***2010***	***2011***	***2012***	***2013***	***2014***
CONCEPTO	*usuarios*	*Consumo* m^3	*Consumo* m^3	*Consumo* m^3	*Consumo* m^3	*Consumo* m^3	*Consumo* m^3
SECTOR RESIDENCIAL	**11.313**	**2.254.368**	**2.360.917**	**2.472.987**	**2.590.881**	**2.714.917**	**2.845.432**
Estrato I	4.954	745.224	791.930	841.562	894.306	950.355	1.009.917
Estrato II	4.513	1.044.804	1.092.766	1.142.930	1.195.396	1.250.271	1.307.665
Estrato III	1.552	389.820	397.432	405.193	413.105	421.171	429.395
Estrato IV	294	74.520	78.789	83.303	88.075	93.120	98.455
Estrato V	0	0	0	0	0	0	0
Estrato VI	0	0	0	0	0	0	0
SECTOR NO RESIDENCIAL	**618**	**576.238**	**719.072**	**736.911**	**755.232**	**774.047**	**840.788**
COMERCIAL	469	112.428	117.073	121.909	126.945	132.189	185.066
INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0
OFICIAL	149	589.271	601.999	615.002	628.286	641.857	655.722
ESPECIAL	0	0	0	0	0	0	0
PROVISIONAL	0	0	0	0	0	0	0
VENTAS EN BLOQUE	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	**11.931**	**2.830.606**	**3.079.988**	**3.209.899**	**3.346.113**	**3.488.964**	**3.686.220**
CRECIMIENTO DEMANDA		4,08%	8,81%	4,22%	4,24%	4,27%	5,65%
INDICE DE PERDIDAS REALES		**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**	**30%**
INDICE DE PERDIDAS DE EFICIENCIA		0%	0%	0%	0%	0%	0%
DEMANDA CORREGIDA	m^3	4.117.040	4.399.983	4.585.569	4.780.161	4.984.235	5.266.028
PRODUCCION REAL	m^3	4.117.040	4.399.983	4.585.569	4.780.161	4.984.235	5.266.028
CAPACIDAD	m^3/seg	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17
CAPACIDAD TOTAL	m^3/seg	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20

Fuente. (EMSERPA E.I.CE E.S.P, 2009)

Teniendo en cuenta la tabla No. 03, donde el número de usuarios del municipio de Arauca en el año 2009 fue de 11.931 personas, y la demanda de consumo de agua potable anual fue de 2.830.606 M3, lo que quiere decir que, 1 usuario consume diariamente 0,66 m^3, mientras tanto, la proyección que se realiza con respecto a los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014 su crecimiento de población y su consumo de agua potable va de manera ascendente.

Una vez analizado la tabla de dosificación de concreto según la Norma sismo resistente de 2010. NSR-10, titulo C-concreto estructural, donde se relaciona que un 1 m^3 de concreto y teniendo en cuenta su resistencia, su promedio de agua es de 0,18 m^3; sin embargo, al realizar un análisis de la demanda del agua potable en el municipio de Arauca, se evidencia que, por 1 usuario se consume diariamente 0,66 m^3 y que 1 m^3 de hormigón se está gastando aproximadamente 0,18 m^3 .

Es preocupante que mientras se utiliza agua de la red de acueducto del municipio de Arauca para confeccionar hormigón , el porcentaje de consumo diario que se estaría gastando es del 27,31% con respecto a la demanda de los usuarios , y que además, las proyecciones de los suscriptores va de un incremento considerable anualmente; lo que quiere decir, es que el recurso hídrico que se está empleando para la fabricación de concretos, no se está optimizando al máximo y se estaría llegando posiblemente a una escasez de agua en un futuro no lejano.

1.3 ANTECEDENTES

Unas de las características más importantes del concreto es su resistencia y durabilidad, estas propiedades están definidas por diferentes composiciones químicas y físicas del cemento, los agregados pétreos y el agua (Terreros & Carvajal , 2016).

En lo que refiere a la construcción en el municipio de Arauca, durante años, se han elaborado mezclas de concreto in situ en diferentes proyectos grandes y/o pequeños, sin realizar estudios o análisis que permitan comprobar que la calidad del agua con la que se fabrican estos concretos sea confiable, óptima y que cumpla con los estándares exigidos para este componente en las normas técnicas colombianas, en este caso, para chequear los requisitos químicos del agua se tendrá en cuenta la NTC 3459 y la NTC 5551.

1.4 HIPÓTESIS

El aprovechamiento de las aguas lluvias y subterráneas son una alternativa para la mitigación del impacto ambiental generado por el sector de la construcción en Arauca, ya

que las características físico-mecánicas de las mezclas fabricadas con estas aguas, cumplen con los requisitos que establecen las normas técnicas colombianas sobre las capacidades y exigencias que debe cumplir una mezcla de concreto simple para su implementación de cualquier proyecto de construcción.

1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se desarrolla se considera cuantitativa porque se espera que arroje resultados medibles y justificables acerca de la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto fabricadas.

Debido a la problemática presentada por la escasez de agua en el municipio de Arauca, se busca implementar alternativas que permitan desde el sector de la construcción mitigar el inconveniente. Por tal motivo, se diseña una investigación experimental donde se pretende fabricar y ensayar mezclas de concreto cuyo componente agua sea como alternativa agua lluvia o subterránea, para conocer qué características físicas y químicas presentan estas mezclas y compararlas con las características de una mezcla confeccionada con agua potable. A través de estos ensayos se puede determinar si resulta viable técnicamente fabricar mezclas de concreto con agua lluvia y subterránea y mitigar el impacto ambiental por parte del sector de la construcción pública y privada en Arauca.

La presente investigación se realizará con un enfoque cuantitativo – experimental, proporcionando herramientas necesarias para evaluar técnicamente mezclas de concreto fabricadas con aguas lluvias y subterráneas.

CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE

El consumo responsable del agua es una recomendación que se viene haciendo en el mundo desde finales del siglo XX; con los efectos vistos en el planeta a raíz del cambio climático, la preocupación sobre el desabastecimiento de agua potable para las necesidades humanas es cada vez más grande (Saúde-Manguinhos, 2000).

Uno de los principales factores de presión sobre los recursos hídricos de un país es el crecimiento poblacional, en algunos casos induciendo la escasez del agua, no por disponibilidad de esta sino por calidad inadecuada para el consumo humano o para su utilización en actividades productivas (Monforte García & Cantú Martínez, 2009).

El sector de la construcción es responsable del empleo del 36% del total de la energía consumida y en particular del 64% del gasto de energía eléctrica, a lo que hay que sumar el impacto que el sector produce sobre el ambiente, el consumo de materias primas, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y el consumo de agua potable (Betancur Sierra, 2010).

A continuación, se presentan estudios relacionados al estado del arte, en investigaciones realizadas de la fabricación de hormigón con aguas lluvias y aguas subterráneas:

Tabla No. 4. Estado del arte sobre fabricación de hormigón con aguas lluvias y aguas subterráneas

Titulo	Autor	Universidad	Año	Síntesis
Influencia de las características del agua de mezclado en la resistencia del concreto de 3000 y 4000 psi (Alvarez & Manjarrez, 2009)	Carlos Antonio Álvarez Hadechiny y Karina Manjarrés Vergara	Universidad de Cartagena	2009	Se analizaron los parámetros más representativos de acuerdo con el tipo de agua. En este estudio se utilizaron 4 tipos de aguas, los cuales fueron: el agua de mar, el agua gorda, el agua servida y el otro tipo de agua fue el agua azucarada. Como resultados se obtuvo lo siguiente: el agua gorda tuvo mejor comportamiento con el agregado calizo, con valores de resistencia cercanos a los de concretos de 3000 y 4000psi para pH y alcalinidad en rangos dentro de establecido en la NTC 3459, Por otra parte , el agua de azúcar no se debe utilizar para hacer mezcla de concreto si la concentración es mayor que 500ppm, debido a que esto afecta en gran porcentaje la resistencia a las diferentes edades; adicionalmente, el agua de mar los resultados obtenidos presentaros resistencia iniciales por encima del agua potable, pero con una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días.
Análisis de la influencia del agua del rio Magdalena como agua de mezclado en las propiedades del concreto de 3000 y 4000 psi	Caballero Matute, José Feliz y Urda Martínez, Jennifer	Universidad de Cartagena	2010	Se determinó la influencia que provoca el agua del Río Magdalena cuando se usa como agua de mezclado en distintas proporciones. En el estudio se determinaron los valores de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de acuerdo a la norma NTC 550 y NTC 673 y los cuales dieron como resultado que para las muestras trabajadas el rango de diferencia en resistencia incrementaba desde un 15% hasta un 40%, lo cual nos

(Matute & Urda Martinez, 2010)				dice que no era conveniente el uso de estos tipos de agua para la fabricación de elementos estructurales, debido a que los resultados estaban por debajo de los límites tolerables y permitidos por dichas normas.
Análisis de la influencia de la disminución de 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. (Carmona, 2011)	Carlos Andrés Carmona	Universidad de Cartagena	2011	En este trabajo de grado se estudió la influencia de los sólidos suspendidos presentes en el agua del río Magdalena utilizada como agua de mezclado en el municipio de Mompox, para la resistencia de concretos de 3000 y 4000 psi. Se realizaron ensayos de cilindros de concretos fabricados con dos tipos de agua; las cuales fueron: agua de río pura y agua del río adicionada con alumbre. Logrando con esto realizar una comparación económica del valor por metro cúbico de concreto fabricado con adiciones de alumbre y del mismo fabricado con adiciones de cemento. Se concluye que tanto la primera alternativa de aumentar la cantidad de cemento a la mezcla preparada con agua del río y la segunda de adicionarle alumbre a la mezcla, son técnicamente viables, ya que se consiguió un aumento considerable en la resistencia del concreto. Aunque no se alcanzó que la resistencia estuviese por encima del 95%, se recomienda que el porcentaje de cemento sea incrementado en un 25% para la primera

				alternativa y para la segunda se recomienda que en el proceso de la preparación de agua a utilizar en la mezcla, se aumente el tiempo de la sedimentación de los sólidos con el fin de que se minimicen las impurezas presentes en el agua.
Aguas subterráneas conocimiento y explotación (Bellino, 2012)	Norberto O. Bellino	Universidad de buenos Aires	2012	Se busca emplear especificaciones técnicas de la captación y las condiciones que debe cumplir la empresa constructora que tendrá a su cargo la ejecución de las obras y posteriormente poder verificar las etapas de la construcción de estas, efectuar los ensayos de recepción de los trabajos terminados, controlar el Aguas Subterráneas. Finalmente, y no menos importante como veremos oportunamente para la preservación del recurso, cuando se termine la vida útil de la perforación o se decida abandonar por cualquier motivo su explotación, se deberán adoptar las medidas necesarias para evitar situaciones peligrosas para las personas y el medio ambiente. Dejar de emplear una captación no significa olvidarse de la misma.
Concreto confeccionado con aguas		Universidad Nacional de		Se Realizó una investigación sobre el concreto elaborado con aguas lluvia como aporte ambiental desde la construcción. Se aborda la confección del concreto con aguas lluvia y se compara su desempeño con respecto a los elaborados con agua potabilizada, empleada convencionalmente.

lluvia: un aporte a la disminución del impacto ambiental generado por la industria de la construcción (Medina Restrepo, 2013)	Carlos Andrés Medina Restrepo	Colombia, Sede Medellín	2013	El agua lluvia empleada en la presente investigación no afectó negativamente el comportamiento del concreto desde el punto de vista físico-mecánico. Estadísticamente hablando, las resistencias al esfuerzo de la compresión obtenidas a distintas edades son iguales en ambas mezclas. Si bien la relación A/C estuvo alta (0,60), las resistencias obtenidas estuvieron en los rangos del diseño de mezclas; sin embargo, se recomienda trabajar con relaciones A/C menores, en aras de una mayor durabilidad del concreto endurecido. En este trabajo se analizó especialmente la resistencia al esfuerzo de la compresión.

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

Este trabajo de investigación se basa en conceptos como concreto, resistencia a la compresión, aguas lluvia, agua potable, agua subterránea y legislación ambiental; los cuales se describen a continuación para asegurar la claridad con la que se debe desarrollar el tema.

3.1 El concreto

El concreto es uno de los materiales de construcción más usados a lo largo de la historia de la humanidad, pues se ha demostrado, a través de diferentes estudios, que este material es resistente al fuego, viento, corrosión y plagas, además no se descompone, logrando en algunas ocasiones preservarse hasta por 100 años. (Osorio , 2020)

El hallazgo más antiguo sobre el uso del concreto data de los años 7000 a 6000 a.c, cuando en las regiones de Israel y la antigua Yugoslavia se encontraron vestigios de los primeros pisos de concreto a partir de calizas calcinadas (Osorio , 2020)

Actualmente, el concreto convencional tiene una amplia utilización en todo el mundo, se emplea para cimentaciones, columnas, vigas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, puentes, represas, entre muchas otras cosas (Morales, 2016).

El concreto como se conoce, se compone de la mezcla de un material conglomerante conocido como cemento, agregados pétreos y agua, con estos materiales se crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que se endurece, lo que hace que con el tiempo adquiera una mejor consistencia que la inicial. Esta mezcla debe cumplir con diferentes características y requerimientos entre los cuales se destaca la trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad (Ochoa Ortiz, 2020).

La trabajabilidad es la propiedad que permite al concreto ser fabricado, transportado e instalado sin perder homogeneidad y consistencia.

La durabilidad es la propiedad que ayuda al concreto a resistir la intemperie, productos químicos y desgaste.

La resistencia es la capacidad del concreto para soportar las presiones para las cuales se diseñó la mezcla. Esta propiedad se mide generalmente a los 7, 14 y 28 días de fundido el elemento, pues el concreto suele aumentar su resistencia en periodos largos de tiempo. (Osorio , 2020)

Existen en la industria diferentes resistencias a la compresión para las cuales se diseña una mezcla de concreto, resistencias que generalmente se miden en Mpa o PSI, y éstas dependen del uso que se dará a la mezcla.

3.2 Agua para concreto:

El agua que se debe usar para la elaboración de un concreto está definida según la resistencia requerida para la mezcla, ésta debe incorporarse de manera proporcional, según las especificaciones establecidas en la norma sismo-resistente colombiana del 2010 (NSR-10, titulo C). A continuación, se presenta una tabla donde se especifica la cantidad de cada uno de los elementos que componen una mezcla de concreto, destacando la cantidad de litros de agua necesarios para la elaboración de 1 m^3 de concreto:

Tabla No. 5. Dosificación de mezclas de concreto

RESISTENCIA EN PSI	MATERIALES			
	CEMENTO (KG)	ARENA (M3)	TRITURADO (M3)	AGUA (L)
3500	420	0,67	0,67	220
3000	350	0,56	0,84	180
2500	300	0,48	0,96	170
2000	260	0,63	0,84	170
1500	210	0,5	1,0	160

Fuente. Norma sismo resistente de 2010. NSR-10, titulo C-Concreto Estructural.

Es importante destacar que el agua cumple dos funciones fundamentales dentro de una mezcla de concreto, la primera es permitir la hidratación del cemento, y la segunda es hacer que la mezcla sea manejable. (Osorio , 2020)

Generalmente se considera que un agua es apta para producir concreto cuando su composición química indica que es apta para el consumo humano, sin importar si ha tenido tratamiento preliminar o no.

La presencia de sustancias orgánicas en el agua usada para una mezcla puede afectar el tiempo de fraguado inicial del cemento y la resistencia final del concreto. Por otra parte, si se presentan en el agua cantidades no permisibles de impurezas inorgánicas, se puede generar un deterioro gradual del hormigón (Leon & Reyes, 2018).

El agua de mar se ha usado para la elaboración de concreto, pero la tendencia es que se generen eflorescencias, que es la formación de depósitos salinos en la superficie del concreto, y que se cause humedad superficial. Adicionalmente, se han presentado moderadas reducciones de la resistencia del concreto (Romero Quintero & Hernandez , 2014).

De manera general, los requisitos que debe cumplir el agua para ser empleada en una mezcla de concreto se describen en la siguiente tabla:

Tabla No. 6 límites de impurezas permitidos en el agua de una mezcla

TIPO DE IMPUREZA	**VALOR MÁXIMO RECOMENDADO**
Ácidos orgánicos (ácido sulfúrico)	10000 ppm
Aceite mineral (por masa de cemento)	2%
Agua con algas	No recomendable
Agua de mar: para concreto no reforzado	35000 ppm
Agua de mar: para concreto reforzado o pretensado	No recomendable
Aguas sanitarias	20 ppm
Azúcar	500 ppm
Carbonato de calcio y magnesio	400 ppm
Carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio	1000 ppm
Cloruro de calcio	30000 ppm
Cloruro de magnesio	40000 ppm

Cloruros: para estructuras con bajo potencial de corrosión y condiciones secas	20000 ppm
Cloruros: para concreto pretensado	500 ppm
Cloruros: para estructuras con elementos galvanizados y de aluminio	1000 ppm
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1,2 %
Hidróxido de sodio (por masa de cemento)	0,5%
Partículas en suspensión	2000 ppm
Ph	6 – 8
Sales de hierro	40000 ppm
Sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo	500 ppm
Sulfato de magnesio	25000 ppm
Sulfato de sodio	1000 ppm
Sulfito de sodio	100 ppm
El contenido máximo de iones combinados de calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato y carbonato es 20000 ppm	

Fuente. Instituto del concreto ASOCRETO (Tecnología y propiedades) http://www.asocretovirtual.com/tienda-virtual/index.php?route=product/product&product_id=71

3.3 Agua lluvia:

El agua lluvia proviene de las nubes que se forman diariamente en el cielo debido a cambios de presión atmosférica, en la temperatura o en la humedad del ambiente.

Generalmente, el agua lluvia se considera como una sustancia ácida porque en su estado natural su valor de pH rodea las 5,6 unidades, y va aumentando su acidez cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmósfera y en su equilibrio, al mismo tiempo que la conductividad aumenta por la presencia de iones. A continuación, se presenta la clasificación de la lluvia de acuerdo a su pH. (Granados & Hernandez, 2010)

Tabla No. 7. Clasificación de la lluvia de acuerdo a su pH

CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA	**pH**
Lluvia no ácida	pH >5,6
Lluvia ligeramente ácida	4,7 < pH ≤ 5,6
Lluvia moderadamente ácida	4,3 < pH ≤ 4,7
Lluvia fuertemente ácida	pH < 4,3

Fuente. IDEAM, 2007 http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/el-programa-nacional-de-caracterizacion-del-agua-lluvia

El comportamiento de las características químicas del agua lluvia se determina a partir del seguimiento del pH, conductividad y presencia de nitratos y sulfatos, producto del análisis de muestras recolectadas en sitios de muestreo.

3.3.1. Captación de aguas lluvia

Una de las soluciones que se plantea en todo el mundo para hacer frente a la escases de agua es el aprovechamiento eficiente del agua lluvia. En América, es cada vez más común la utilización de sistemas de captación de agua lluvia como solución a los problemas de suministro que se tiene en grandes ciudades, las comunidades agrícolas que viven en lugares distantes y las regiones más áridas. (FAO, 2013)

Los elementos que se necesitan para realizar la captación de agua lluvia son:

- Área de captación: lugar donde se reciben los escurrimientos de agua lluvia, por lo general se usan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, entre otros.
- Estructura de captación: recolectan las aguas en los sistemas de alcantarillado pluvial, se utilizan sumideros para esta tarea.
- Sistema de conducción: es el conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento.
- Sistema de tratamiento y filtración: antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento, se instala un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que pueda tener el agua.
- Tanques de almacenamiento
- Vertedor: es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento con la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con el objeto de evitar fallas por desbordamiento.

3.4 Aguas subterráneas:

El agua subterránea es aquella que se encuentra bajo la superficie terrestre, específicamente en la roca madre, el suelo, el regolito y en los espacios vacíos y grietas de las formaciones rocosas.

La naturaleza geológica del suelo determina la composición química de las aguas subterráneas, algunas características típicas que presentan estas aguas son turbidez débil, temperatura constante y composición química constante, además generalmente presentan ausencia de oxígeno (Lenntech, 2016).

Básicamente, una parte del agua cae como lluvia y se filtra en el suelo y entre las rocas. Parte de este líquido filtrado queda atrapado entre las partículas del suelo o entre las raíces de las plantas. El agua que no es usada para las plantas se mueve más bajo hasta que llega a un sitio, específicamente una capa de roca en la que ya no puede seguir avanzando, por lo general queda ahí contenida. El agua que llena todos los espacios y vacíos y las grietas es el agua subterránea (Geoenciclopedia, 2019).

Los factores que condicionan la composición del agua subterránea son diversos, entre los más importantes están la naturaleza y disposición espacial de los materiales con los que el agua entra en contacto, la superficie y duración del contacto, temperatura, presión, existencia de gases, grado de saturación del agua, entre otros (Igma, 2011).

A pesar de que la composición media del agua subterránea suele considerarse invariable en un acuífero, es fundamental tener en cuenta que las interacciones agua-medio, que determinan dicha composición, son procesos dinámicos que se desarrollan a ritmos variables, tanto en espacio como en tiempo. En consecuencia la composición de agua subterránea natural debe contemplarse con la perspectiva de su posible variación espacio-temporal (Igma, 2011).

A pesar de la gran variabilidad de elementos químicos presentes en el agua subterránea y de sus distintas concentraciones, Freeze and Cherry (1979) realizan una clasificación de los

constituyentes del agua subterránea según su frecuencia de aparición y valor de concentración:

- Constituyentes mayoritarios: anhídrido carbónico, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, iones nitrato, nitritos, amonio, calcio, magnesio, sodio, potasio, sílice y oxígeno disuelto.
- Constituyentes minoritarios: fluoruro, bromuro, ioduro, boro, fósforo, hierro y magnesio.

Como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas, las aguas subterráneas presentan diferentes propiedades físico- químicas como color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, entre otros.

3.5 Agua potable

El agua potable es aquella que pueden consumir los seres humanos sin que exista algún peligro para su salud. Esta agua debe estar libre de sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades en los seres humanos (Fundacionaquae.org, s.f).

Para que el agua que se capta en embalses, pozos, ríos, etc. Sea adecuada para el consumo humano, es necesario aplicarle un tratamiento para hacerla potable, a este proceso se le denomina potabilización y se realiza en plantas potabilizadoras. Este proceso se desarrolla fundamentalmente en cuatro etapas que se describen a continuación:

1. Precloración y floculación: después de realizado un filtrado inicial al agua para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño, se añade cloro para eliminar los microorganismos del agua, y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas se precipiten a través de la formación de flóculos.
2. Decantación: en esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua.
3. Filtración: en esta etapa se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la arena y otras partículas que aún puedan quedar, eliminando al mismo tiempo la turbidez.

4. Cloración: se realiza este proceso para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red de distribución (Beat Stauffer (seecon) y Dorothee Spuhler (seecon), 2019).

3.6 Legislación ambiental

En materia de legislación y normatividad respecto al uso del agua en Colombia se tienen gran cantidad de leyes, decretos y normas que regulan el uso del agua como servicio público y como bien público, y en materia ambiental existen otro tanto de regulaciones para el uso adecuado, racional y eficiente del agua.

Ley 373 de 1997, en la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua y que dicta lo siguiente: "Artículo 2.- Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa", En la misma ley se menciona lo siguiente: "Artículo 5. Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua, en el artículo 9 de la misma ley fija lo siguiente: "Artículo 9o.- De los nuevos proyectos. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar

cualquier clase de proyecto que consuma agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable" (Congreso de la República de Colombia Ley 373, 1997)

Ley 142 de 1994, que regula la prestación de servicios públicos incluyendo el de acueducto y alcantarillado, en ella se menciona la protección de los recursos naturales, la prestación del servicio por empresas públicas o privadas y el papel del estado en la regulación y control de las mismas. (Congreso de la República de Colombia ley 142, 1994)

Decreto 302 de 2000, por el cual se reglamenta la ley citada anteriormente y en la cual se dictan normas que regulan las relaciones que se generan entre las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios, sin embargo, en éstas dos solo se mencionan las aguas lluvias, como parte de los desagües de cualquier edificación y conmina las redes internas de cualquier proyecto a la responsabilidad del urbanizador o constructor del mismo.

Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta la Ley 9 de 1979, y el Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, confiriendo a las autoridades ambientales el control y regulación en materia de vertimientos y menciona el agua lluvia como vertimiento y restringe la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas lluvias.

Lo anterior citando las principales leyes y decretos que tratan el tema de las aguas lluvias y su aprovechamiento, por otra parte, normas como el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y la NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería, fijan las aguas lluvias, únicamente como vertimiento o desagüe y se concentran únicamente en su captación y evacuación y no regulan el almacenamiento, retención o aprovechamiento de la misma.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cuantitativa – experimental; para desarrollarla fue necesario realizar las siguientes actividades:

- El agua lluvia y el agua subterránea se recolectará y se captará por medio de dos (02) sistemas convencionales, los cuales van hacer instalado en el colegio Normal María Inmaculada en el municipio de Arauca.

- El agua potable se captará de la red de acueducto del municipio de Arauca.

- Las aguas lluvias, subterránea y potable se les realizará un análisis físico-química de acuerdo a la NTC 3459 (Concretos. Agua para la elaboración de Concreto).

- Los materiales que van hacer utilizado para el diseño de mezcla y elaboración de concreto son del Departamento de Arauca.

- El diseño de mezcla de concreto que se va a realizar en la presente investigación debe contar con una resistencia de 3000 Psi a los 28 días.

- El fallado de los cilindros se realizarán los días 7, 14 y 28 días de acuerdo a la NTC 5551 (Concretos. Durabilidad de estructuras de Concreto) y la NTC 673 (Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto).

- Se analizarán cada uno de los resultados para dar respuesta a los objetivos de la presente investigación.

4.1 Etapas de la investigación.

Tabla No. 8. Etapas de la investigación.

Fases	Objetivos	Instrumentos Utilizados	Categorías	Variables	Tratamiento de resultados
ETAPA 1	Correlacionar los parámetros y características del agua, con respecto a las aguas lluvias y aguas subterráneas recolectadas en la Institución Normal María Inmaculada.	Laboratorio para el análisis físico – químico.	Caracterización y parámetros del agua lluvia, agua subterránea objeto del presente estudio con respecto al agua potable.	Componente físico-químico de aguas lluvias, aguas subterráneas y agua potable	Verificación de la calidad de las aguas a tratar, para elaborar concretos en el municipio de Arauca.
ETAPA 2	Comprobar la resistencia del concreto, partiendo de las muestras recolectadas agua lluvia, agua subterránea y agua potable para fabricar hormigón en Arauca.	Laboratorio Top suelos Arauca	Evaluación de la resistencia alcanzada por el concreto fabricado con agua lluvia, subterránea y potable a la edad de 7, 14 y 28 días.	Propiedades físico-químico Tiempo del concreto Normatividad del concreto Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Pruebas de laboratorio. Resultados de comparación según la NSR-10 NTC 5551
ETAPA 3	Incidencias en el marco ambiental.	NSR-10, NTC, leyes, artículos, decretos constitución política de Colombia.	Definir los parámetros para los permisos ambientales de acuerdo a la solicitud de aguas lluvias, aguas subterráneas y agua potable. En el casco urbano de Arauca.	Libros, Internet, revistas, entrevistas, conferencias, monografías, tesis de postgrado	Comparar las diferentes normas colombianas, con los requisitos que exigen las entidades encargadas al área de las aguas.

4.2 Matriz metodológica

Tabla No. 9. Matriz metodológica.

No.	Preguntas de Investigación	Objetivo	Hipótesis	Variables	Instrumentos
1	¿Cuáles serían los aportes a la industria de la construcción en Arauca, si al determinar una mezcla de hormigón con aguas lluvias y	Establecer si las aguas lluvias y aguas subterráneas satisfacen los parámetros y las características	La resistencia a compresión a los 28 días, de aguas lluvias y aguas subterráneas con respecto al concreto simple con agua potable.	Calidad de agua Tipo de elementos químicos presentes en el agua (agua	Datos estadísticos del IDEAM en Bogotá. Datos estadísticos de la estación del aeropuerto de Arauca 37055010

	aguas subterráneas, cumpliera con los parámetros del agua de acuerdo a la NTC 3459 Y NTC 5551?	físico – químicas del agua, establecidos en la Norma Técnica Colombiana (NTC- 3459 y la NTC- 5551) con respecto al agua potable utilizado en Arauca.	Las características físico-mecánicas del mezclado de concreto de las aguas subterráneas	potable, agua subterránea y agua lluvia) Vientos y precipitación en las épocas del año Caudales en las épocas del año. Propiedades físico-químico Tiempo del concreto Normatividad del concreto Propiedades físicas y mecánicas del concreto	"vientos y precipitaciones Datos estadísticos de la estación del puente internacional de Arauca 37057060 "medición de caudales" Datos estadísticos de la calidad del agua según estudios de la Unidad de salud, corporinoquia y la empresa de servicios públicos. Pruebas de laboratorio. NTC 3459 NTC 5551 NSR – 10 TITULO C.
2.	¿Qué análisis comparativo se puede realizar, al caracterizar sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto simple con agua lluvia y agua subterránea con respecto a un concreto confeccionado con agua potable?	Realizar pruebas de resistencia a la compresión, a las muestras de mezclado en concreto simple con agua lluvia, agua subterránea y agua potabilizada.	La resistencia a compresión a los 28 días, con agua potable.	Normas técnicas colombianas Ley 400	NTC 673 NTC 3459 NTC 5551 NSR–10 TITULO C.
3.	¿Al dar un buen uso, manejo y aprovechamiento del agua lluvia y agua subterránea en la elaboración de concreto, que incidencias ambientales y técnicas se pueden tener?	Identificar las incidencias ambientales al emplear el uso de las aguas lluvias y aguas subterráneas para elaborar un concreto confeccionado simple en el municipio de Arauca.	La autoridad ambiental en el municipio de Arauca no permitiría hacer uso y aprovechamiento del agua lluvia y agua subterránea en Arauca para fabricar hormigón, por el simple hecho que no son aguas tratadas y aptas para el consumo humano.	Normas técnicas colombianas Ley 400 Decretos Artículos	NTC 3459 NTC 5551 NSR-10 Ley 106 de 2015 art. 2.2.3.2.16.4 Decreto 475 de 1998 Decreto 1541 de 1978. Art 143 al Art. 165

4.3 Materiales y equipos

4.3.1 Sistema de recolección de Agua lluvia

Para obtener el sistema de captación de Agua lluvia, fue necesario instalar una cubierta tipo asbesto cemento encargado de recolectar estas aguas hasta una canal metálica, posteriormente, se requirió instalar una bajante de aguas lluvias con un diámetro de 4” para el transporte de las mismas y finalmente, su disposición final fue un tanque plástico con capacidad de almacenamiento de 500 Litros para realizar el respectivo estudio; es de importancia mencionar que, el lugar donde se realizó este sistema fue en las instalaciones de la institución educativa Normal María Inmaculada del municipio de Arauca.

4.3.2 Sistema de captación del Agua subterránea

Para el sistema de extracción de agua subterránea, constó de un equipo de perforación manual, tubería ¾” galvanizada, tubería de presión de 1 ¼ “tipo pesado, tubería sanitaria de 4” , accesorios y bujes de 2” y 4”, tubería de presión de 2” tipo pesado , cizallas manuales, agua potable, 1 motobomba de gasolina, manguera de succionamiento para motobomba y 1 electrobomba de 1 HP tipo Pedrollo.

Por otra parte, fue necesario hacer 01 (un) pozo dentro del área de influencia y profundizar a 84 Metros para llegar a la captación del agua subterránea debido a la topografía del terreno y a la calidad del agua; es preciso decir que, para la ejecución de este pozo se implementaron los materiales y equipos en mención, así mismo, el sitio donde se realizó este sistema fue en las instalaciones de la institución educativa Normal María Inmaculada del municipio de Arauca.

4.3.3 sistema de captación del Agua potable

La captación del agua potable se realizó mediante la red de acueducto del municipio de Arauca, administrado por la empresa de servicios públicos EMSERPA E.I.CE E.S.P.

4.3.4 Cemento

Se empleará Cemento Argos tipo III .

4.3.5 Agregados

4.3.5.1 Agregado grueso

Triturado de 1” proveniente de la cantera Saravena

4.3.5.2 agregado fino

Arena del rio Arauca.

4.3.6 Variables de los materiales a utilizar

Para la caracterización de las aguas del presente estudio, se realizará en el laboratorio químico y microbiológico DIDIER BAYONA ubicado en el municipio de Arauca, de acuerdo con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y 2115/2007 del ministerio de protección social, control de calidad de aguas para consumo humano.

Al confeccionar concreto para esta investigación, lo que se pretende buscar es la caracterización de la calidad del agua, teniendo en cuenta que, deberán cumplir con los parámetros físico - químico y valores admisibles según la NTC 3459 (Concretos. Agua para la elaboración de Concreto).

Tabla No. 10 parámetros físico- químicos de la NTC 3459

PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	OBSERVACIONES
Color (visual)	N/A	Estos parámetros físico-químico, aplica para medir la calidad de las aguas lluvias, agua subterránea y agua potable.
Turbiedad	N/A	
pH	$6.5 \leq pH \leq 9.0$	
Temperatura	N/A	
Conductividad	≤ 1000	
Dureza total	≤ 300	
Dureza cálcica	≤ 150	
Calcio	≤ 60	
Magnesio	3 – 100	
Sulfatos	< 50	
Hierro total	≤ 0.3	
Cloruros	< 50	
Alcalinidad total	>40	
Amoniaco	15 – 60	
Sólidos totales	N/A	
Sólidos disueltos	N/A	
bicarbonatos	≤ 2000	

Fuente. Elaboración propia.

Cabe resaltar que, el agua para la presente investigación incide en la resistencia del concreto y cuya resistencia debe ser de 3000 PSI; seguidamente, se debe contar con un diseño de mezcla para así continuar con el proceso de elaborar hormigón; y que finalmente, lo que se quiere dar a conocer en este contexto es el origen de los materiales que componen el concreto.

Si bien es cierto, no se realizó caracterización del cemento y de los agregados, toda vez que, no se trata del objeto de estudio y sus características no afectan los resultados para este caso; sin embargo, se explica que al momento de escoger el cemento que en este caso es ARGOS, es porque la línea que maneja los diferentes gremios de la zona no cuentan con otras clases de cemento; por otro lado, el triturado proviene del municipio de Saravena porque es la única cantera en el Departamento de Arauca que cuenta con permiso minero y licencia ambiental vigente por parte de CORPORINOQUIA; así mismo, la arena será suministrada del rio Arauca ya que en el municipio no hay canteras de este material, dada las condiciones del terreno, el suelo y su geomorfología.

CAPÍTULO 5. CONTEXTO

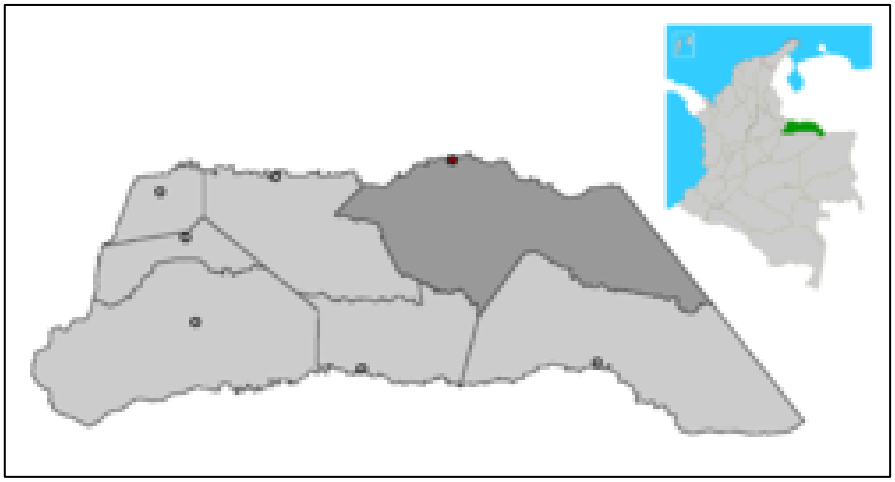
5.1 Lugar geográfico para el desarrollo de la investigación

Esta investigación se desarrolló en una zona específica ubicada en el municipio de Arauca, departamento Arauca, se eligió la Institución Normal María Inmaculada debido a la accesibilidad del lugar para realizar la toma de muestras y, al encontrarse ubicada en una zona central del municipio, así mismo, las muestras tomadas se consideran representativas debido a la carga contaminante que se presenta en el aire ocasionada, entre otras cosas, por la alta masa de vehículos que circulan por el sector y zonas comerciales; finalmente, la institución Normal María Inmaculada se encuentra ubicada en la carrera 20 No. 20 – 26 Arauca, Arauca.

Figura No. 5. Ubicación geográfica del departamento de Arauca.

Fuente. www.arauca.gov.co

Figura No. 6. Ubicación geográfica del municipio de Arauca.



Fuente. www.arauca.gov.co

Figura No. 7. Ubicación geográfica de la Institución Normal María Inmaculada.

Fuente. Google Maps.

5.2 Servicio de agua potable en el municipio de Arauca.

El municipio de Arauca cuenta con la empresa EMSERPA E.I.CE E.S.P como prestadora del servicio de agua potable y saneamiento básico. Sin embargo, debido a continuos

problemas técnicos que se presentan en la captación de agua para iniciar el proceso de potabilización, y a la sobredemanda que presenta el sistema por parte de todos los sectores comerciales, el servicio no es continuo en todo el municipio, lo que representa un problema para la comodidad y el bienestar de los ciudadanos. Por eso, con este trabajo se busca proponer una alternativa que ayudaría a disminuir la demanda de agua potable por parte del sector de la construcción, liberando así el sistema para que logre un nivel más alto de cobertura, y reduciendo el impacto ambiental que genera la construcción en el desarrollo de sus actividades.

5.3 Procedencia del agua potable en el municipio de Arauca.

La principal fuente de abastecimiento de agua para su posterior potabilización en el municipio es el río Arauca. Según CORPORINOQUIA, autoridad ambiental y administradora de los recursos naturales de la Orinoquía, la cuenca del río tiene un área de 8050 km^2 y una longitud de 425 km desde el sector Brisas del Arauca hasta puerto Colombia (Arauca).

La planta de tratamiento de agua potable se encuentra localizada en el barrio Miramar, en el casco urbano del municipio, la infraestructura física es aceptable y actualmente se encuentra en fase de construcción una planta nueva. Esta planta es de tipo convencional con capacidad de tratamiento de 244 l/s y cuenta con unidades de desarenación, coagulación, floculación, sedimentación, corrección de alcalinidad, filtración y cloración.

5.4 Monitoreo de aguas lluvias en Arauca

El instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) se encarga desde 1998 de manejar el sistema de monitoreo meteorológico y pluviométrico en el país. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que se ha presentado durante el desarrollo del programa es el difícil acceso a diferentes zonas del país debido a las condiciones del territorio y la topografía regional.

Actualmente, el departamento de Arauca cuenta con dos (02) estaciones meteorológicas del IDEAM, donde la primera (01) se encuentra en el municipio de Saravena y la segunda (02) estación está ubicado en el municipio de Arauca; es preciso decir que, para el presente estudio fue necesario recopilar datos de la estación ubicado en Arauca para observar la cuantificación en precipitaciones, duración e intensidad de aguas lluvias en la zona, para así determinar en que meses del año las precipitaciones son más intensas y llevar a cabo la investigación de este trabajo.

Por otra parte, los reportes dados por cualquier estación meteorológica del IDEAM no da parámetros de caracterización de las aguas lluvias sino datos cuantificables de las diferentes precipitaciones al año registradas en las épocas de invierno y verano.

5.5 Monitoreo de aguas subterráneas en Arauca.

Monitorear las aguas subterráneas permite generar conocimiento sobre los sistemas hidrogeológicos para comprender el impacto que ha sufrido la tierra por actividades de origen antrópico y la manera de reparar sistemas acuíferos afectados en el pasado.

La Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas (RBASUB), subdirección del IDEAM, trabaja en conjunto con las corporaciones autónomas regionales de carácter ambiental (CORPORINOQUÍA) en el departamento de Arauca para realizar acciones permanentes de monitoreo, seguimiento y caracterización de aguas subterráneas.

5.6 Puntos de muestreo y laboratorio

Se construyó un sistema de captación de aguas lluvias y aguas subterráneas en las instalaciones de la institución educativa Normal María Inmaculada del municipio de Arauca.

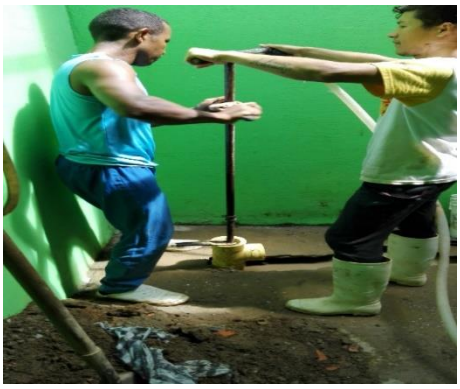
Posteriormente se tomaron tres muestras de cada una de las aguas (agua lluvia, agua subterránea y agua proveniente del sistema de acueducto) y se enviaron al laboratorio químico y microbiológico DIDIER BAYONA ubicado en el casco urbano de Arauca, con el fin de obtener una caracterización física, química y microbiológica de las muestras

recolectadas que permita determinar sus posibles usos no potables según los tipos de contaminantes encontrados.

Figura No. 8. Registro fotográfico de sistema de recolección de aguas lluvias.

Fuente. Elaboración propia.

Figura No. 9. Registro fotográfico de construcción del sistema de recolección de agua subterránea



Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Caracterización de los materiales

6.1.1 Agua lluvia

La caracterización de las muestras tomadas de aguas lluvia se llevó a cabo en el laboratorio químico y microbiológico DIDIER BAYONA del municipio de Arauca, de acuerdo con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y 2115/2007 del ministerio de protección social, control de calidad de aguas para consumo humano.

Se cuantificaron los niveles de turbiedad, pH, temperatura, conductividad, dureza, sólidos totales y disueltos, alcalinidad total y niveles de calcio, magnesio, sulfatos, hierros, cloruros y bicarbonatos presentes en el agua.

A continuación, se muestran los registros de laboratorio para cada una de las muestras de agua lluvia tomadas para su análisis correspondiente.

Figura No. 10 Resultado químico para aguas lluvia muestra No. 1

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	**Pág. 01 de 01**

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		15/06/2018	**HORA:**	15:00
FECHA DE PROCESAMIENTO:		15/06/2018	**PROCEDENCIA:**	AGUA LLUVIA
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		TANQUE DE RECOLECCIÓN		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		LLUVIA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	4,6	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	1,22	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	7,05	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		25,9	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	51	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	28,1	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500-CaB	21,5	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500-CaB	8,6	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	1,6038	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	1	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,02	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	0,6	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	22,6	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0,04	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	31,3	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	31	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

15/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 11 Resultado químico para aguas lluvia muestra No. 2

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/06/2018	**HORA:**	17:30
FECHA DE PROCESAMIENTO:		24/06/2018	**PROCEDENCIA:**	AGUA LLUVIA
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		TANQUE DE RECOLECCIÓN		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		LLUVIA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	5	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	1,79	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	7,16	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		26,5	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	47	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	26,6	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	20	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	8	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	1,6	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	0	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,01	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	0,4	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	23	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0,05	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	30,64	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	30,08	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

24/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 12 Resultado químico para aguas lluvia muestra No. 3

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		29/06/2018	**HORA:**	15:30
FECHA DE PROCESAMIENTO:		29/06/2018	**PROCEDENCIA:**	AGUA LLUVIA
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		TANQUE DE RECOLECCIÓN		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		LLUVIA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	4,2	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,962	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	7,08	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		27,5	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	56	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	27	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	22,5	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	9	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	1,0935	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	1	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,02	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	0,5	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	23,3	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0,02	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	31,2	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	30,82	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

29/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Tabla No. 11 valores obtenidos de los parámetros físico químicos de las aguas lluvias

PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	RESULTADOS MUESTRA 1	RESULTADOS MUESTRA 2	RESULTADOS MUESTRA 3	PROMEDIO
Color (visual)	N/A	4,6	5	4,2	4,60
Turbiedad	N/A	1,22	1,79	0,962	1,32
pH	$6.5 \leq pH \leq 9.0$	7,05	7,16	7,08	7,10
Temperatura	N/A	25,9	26,5	27,5	26,63
Conductividad	≤ 1000	51	47	56	51,33
Dureza total	≤ 300	28,1	26,6	27	27,23
Dureza cálcica	≤ 150	21,5	20	22,5	21,33
Calcio	≤ 60	8,6	8	9	8,53
Magnesio	3 – 100	1,6038	1,6	1,0935	1,43
Sulfatos	< 50	1	0	1	0,67
Hierro total	≤ 0.3	0,02	0,01	0,02	0,02
Cloruros	< 50	0,6	0,4	0,5	0,50
Alcalinidad total	>40	22,6	23	23,3	22,97
Amoniaco	15 – 60	0,04	0,05	0,02	0,04
Sólidos totales	N/A	31,3	30,64	31,2	31,05
Sólidos disueltos	N/A	31	30,08	30,82	30,63
bicarbonatos	≤ 2000	0	0	0	0,00

Fuente. Elaboración propia

Se puede evidenciar que los valores de pH, conductividad, dureza total, dureza cálcica, calcio, hierro total y cloruros se encuentran dentro de los valores permitidos por la resolución 2117 de 2007; los valores de magnesio y amoniaco se encuentran muy por debajo de los límites permitidos en la resolución, y por último, se evidencia ausencia total de sulfatos y bicarbonatos.

Una vez evaluados los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas lluvias, se puede concluir que éstas no presentan alteraciones significativas que impidan su uso en diferentes actividades humanas, por lo tanto, pueden ser empleadas para la fabricación de mezclas de concreto.

Así mismo, se puede asegurar que el agua lluvia del municipio de Arauca cumple con los requerimientos de la NTC 3459 de 2001 para la fabricación de concretos, y por lo tanto se

considera que no generaría alteraciones en el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto, ni disminución de la resistencia del mismo.

6.1.2 Agua subterránea

La caracterización de las muestras tomadas de agua subterránea se llevó a cabo en el laboratorio químico y microbiológico DIDIER BAYONA del municipio de Arauca, de acuerdo con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y 2115/2007 del ministerio de protección social, control de calidad de aguas para consumo humano.

Se cuantificaron los niveles de turbiedad, pH, temperatura, conductividad, dureza, sólidos totales y disueltos, alcalinidad total y niveles de calcio, magnesio, sulfatos, hierros, cloruros y bicarbonatos presentes en el agua.

A continuación, se muestran los registros de laboratorio para cada una de las muestras de agua subterránea tomadas para su análisis de laboratorio.

Figura No. 13. Resultado químico para aguas subterránea muestra No. 1

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	**Pág. 01 de 01**

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		15/06/2018	**HORA:**	15:20
FECHA DE PROCESAMIENTO:		15/06/2018	**PROCEDENCIA:**	PUNTILLO
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		PUNTILLO		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		AGUA SUBTERRÁNEA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			
PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	0,5	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,664	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,55	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		26,5	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	606	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	142,8	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	83,8	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	33,52	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	14,337	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	52	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,03	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	73,5	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	92	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	3,7	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	24,37	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	386,4	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	1,58	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

15/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 14. Resultado químico para aguas subterráneas muestra No. 2

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/06/2018	**HORA:**	17:30
FECHA DE PROCESAMIENTO:		24/06/2018	**PROCEDENCIA:**	PUNTILLO
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		PUNTILLO		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		AGUA SUBTERRÁNEA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	0,9	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,723	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,12	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		26,3	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	644	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	150,2	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	80,6	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	32,24	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	16,91	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	50	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,02	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	75,9	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	95	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	4,2	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	22,41	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	412,16	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	1,76	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

24/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 15 Resultado químico para aguas subterránea muestra No. 3

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		29/06/2018	**HORA:**	15:45
FECHA DE PROCESAMIENTO:		29/06/2018	**PROCEDENCIA:**	PUNTILLO
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		PUNTILLO		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		AGUA SUBTERRÁNEA		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		CRUDA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	1,25	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,528	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,48	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		27,6	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	624	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	139,4	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	85,6	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	34,24	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	13,0734	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	47	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,04	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	72,4	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	95,6	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	3,9	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	23,57	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	402,4	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	1,61	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

29/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Tabla No. 12 valores del parámetro físico químicos de las aguas subterráneas

PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	RESULTADOS MUESTRA 1	RESULTADOS MUESTRA 2	RESULTADOS MUESTRA 3	PROMEDIO
Color (visual)	N/A	0,5	0,9	1,25	0,88
Turbiedad	N/A	0,664	0,723	0,528	0,64
pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0	6,55	6,12	6,48	6,38
Temperatura	N/A	26,5	26,3	27,6	26,80
Conductividad	≤ 1000	606	644	624	624,67
Dureza total	≤ 300	142,8	150,2	139,4	144,13
Dureza cálcica	≤ 150	83,8	80,6	85,6	83,33
Calcio	≤ 60	33,52	32,24	34,24	33,33
Magnesio	3 – 100	14,337	16,91	13,0734	14,77
Sulfatos	< 50	52	50	47	49,67
Hierro total	≤ 0.3	0,03	0,02	0,04	0,03
Cloruros	< 50	73,5	75,9	72,4	73,93
Alcalinidad total	>40	92	95	95,6	94,20
Amoniaco	15 – 60	3,7	4,2	3,9	3,93
Sólidos totales	N/A	24,37	22,41	23,57	23,45
Sólidos disueltos	N/A	386,4	412,16	402,4	400,32
bicarbonatos	≤ 2000	1,58	1,76	1,61	1,65

Fuente. Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, el agua subterránea del municipio de Arauca tiene un valor de pH bajo con respecto a los valores admisibles para elaboración de mezclas en concreto, misma situación se presenta con la concentración de amoniaco, mientras que, por el contrario, la concentración de cloruros es bastante alta según lo permitido por la norma para la fabricación de mezclas; todos los demás parámetros se encuentran dentro de los rangos permitidos.

A pesar de hallar alterados los niveles de iones cloruros presentes en el agua y el pH de la misma, se procede a fabricar los cilindros de concreto para identificar qué afectaciones tienen estos factores dentro del comportamiento del concreto.

6.1.3 Agua potable

La caracterización de las muestras tomadas de agua potable se llevó a cabo en el laboratorio químico y microbiológico DIDIER BAYONA del municipio de Arauca, de acuerdo con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y 2115/2007 del ministerio de protección social, control de calidad de aguas para consumo humano.

Se cuantificaron los niveles de turbiedad, pH, temperatura, conductividad, dureza, sólidos totales y disueltos, alcalinidad total y niveles de calcio, magnesio, sulfatos, hierros, cloruros y bicarbonatos presentes en el agua.

A continuación, se muestran los registros de laboratorio para cada una de las muestras de agua potable tomadas para su análisis de laboratorio.

Figura No. 16. Resultado químico para aguas potable muestra No. 1

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	**Pág. 01 de 01**

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		15/06/2018	**HORA:**	15:45
FECHA DE PROCESAMIENTO:		15/06/2018	**PROCEDENCIA:**	RED
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		LLAVE INTRADOMICILIARIA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		TANQUE DE DISTRIBUCIÓN M/PAL		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		TRATADA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			
PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	0,8	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,447	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,91	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		27,1	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	58,9	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	26,8	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	17,4	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	6,96	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	2,2842	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	4	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,03	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	3,2	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	15,8	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	9,34	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	35,2	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

15/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 17 Resultado químico para aguas lluvia potable No. 2

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		22/06/2018	**HORA:**	17:30
FECHA DE PROCESAMIENTO:		24/06/2018	**PROCEDENCIA:**	RED
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		LLAVE INTRADOMICILIARIA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		TANQUE DE DISTRIBUCIÓN M/PAL		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		TRATADA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			

PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	1,1	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,838	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,83	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		26,4	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	60,3	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	26,4	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	17	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	6,8	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	2,28	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	5	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,04	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	3,5	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	15,2	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	9,92	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	38,6	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

24/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Figura No. 18 Resultado químico para agua potable muestra No. 3

CARLOS DIDIER BAYONA PAEZ INGENIERO QUIMICO - UIS R.P 19991 ANALISTA FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	Pág. 01 de 01

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
ARAUCA - ARAUCA

DATOS DE LA MUESTRA				
FECHA DE RECOLECCIÓN:		29/06/2018	**HORA:**	16:00
FECHA DE PROCESAMIENTO:		29/06/2018	**PROCEDENCIA:**	RED
DIRECCIÓN:	COLEGIO NORMAL SUP. Ma. INMACULADA		**BARRIO:**	CRISTO REY
DEPARTAMENTO:	ARAUCA		**MUNICIPIO:**	ARAUCA
SITIO DE TOMA DE MUESTRA:		LLAVE INTRADOMICILIARIA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:		TANQUE DE DISTRIBUCIÓN M/PAL		
SOLICITANTE: (PARTICULAR)	DIEGO A. RODRÍGUEZ	**MUESTRA DE AGUA:**		TRATADA
OBSERVACIONES:	AGUA DEBIDAMENTE REFRIGERADA PREVIO ANALISIS			
PARÁMETRO	**MÉTODO**	**RESULTADO**	**UNIDADES**	**VALOR ADMISIBLE**
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS				
OLOR (OLFATIVO)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
COLOR (VISUAL)		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	ACEPTABLE
MATERIAS FLOTANTES		ACEPTABLE	ACEPTABLE / NO ACEPTABLE	AUSENTES
TRANSPARENCIA VISUAL		FONDO VISIBLE	FONDO VISIBLE / NO VISIBLE	FONDO VISIBLE
CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS				
COLOR (VISUAL)	Espectrofotométrico SM 2120C	0,7	UPC	N/A
TURBIEDAD	Turbidimétrico	0,764	NTU	N/A
pH	Electrométrico SM 4500 H+	6,88	Unidades de pH	6.5 ≤ pH ≤ 9.0
TEMPERATURA		27,6	°C	N/A
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico SM 2510 B	59,7	µS/cm	≤ 1000
DUREZA TOTAL	Volumétrico SM 2340 C	25,5	mg/L	≤ 300
DUREZA CÁLCICA	Volumétrico SM 3500- CaB	16,4	mg/L	≤ 150
CALCIO	Volumétrico SM 3500- CaB	6,56	mg/L	≤ 60
MAGNESIO	Cálculo SM 3500-Mg B	2,2113	mg/L	3 - 100
SULFATOS	Espectrofotométrico HACH 8051	3	mg SO_4^(2-)/L	< 50
HIERRO TOTAL	Espectrofotométrico HACH 8003	0,02	mg Fe/L	≤ 0.3
CLORUROS	Espectrofotométrico HACH 8113	3,7	mg Cl^-/L	< 50
ALCALINIDAD TOTAL	Potenciométrico SM 2320B	16,8	mg/L	> 40
AMONIACO	Salicilato 10023	0	mg NH_3/L	15 - 60
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico 8271	8,51	mg/L	N/A
SÓLIDOS DISUELTOS	Cálculo SM 2110 B	36,9	mg/L	N/A
BICARBONATOS	Volumétrico	0	mg HCO_3^-/L	≤ 2000

*N/A: No Aplica

CARLOS DIDIER BAYONA PÁEZ
Ing. Químico - Analista Fisicoquímico y Microbiológico

29/06/2018
FECHA DE RESULTADO

Tabla No. 13 valores del parámetro físico químicos del agua potable

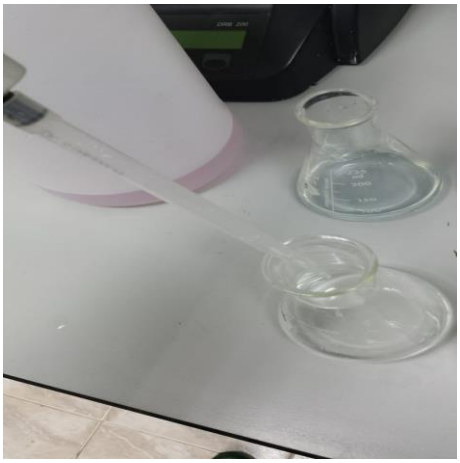
PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	RESULTADOS MUESTRA 1	RESULTADOS MUESTRA 2	RESULTADOS MUESTRA 3	PROMEDIO
Color (visual)	N/A	0,8	1,1	0,7	0,87
Turbiedad	N/A	0,447	0,838	0,764	0,68
pH	$6.5 \leq pH \leq 9.0$	6,91	6,83	6,88	6,87
Temperatura	N/A	27,1	26,4	27,6	27,03
Conductividad	≤ 1000	58,9	60,3	59,7	59,63
Dureza total	≤ 300	26,8	26,4	25,5	26,23
Dureza cálcica	≤ 150	17,4	17	16,4	16,93
Calcio	≤ 60	6,96	6,8	6,56	6,77
Magnesio	3 – 100	2,2842	2,28	2,2113	2,26
Sulfatos	< 50	4	5	3	4,00
Hierro total	≤ 0.3	0,03	0,04	0,02	0,03
Cloruros	< 50	3,2	3,5	3,7	3,47
Alcalinidad total	>40	15,8	15,2	16,8	15,93
Amoniaco	15 – 60	0	0	0	0,00
Sólidos totales	N/A	9,34	9,92	8,51	9,26
Sólidos disueltos	N/A	35,2	38,6	36,9	36,90
bicarbonatos	≤ 2000	0	0	0	0,00

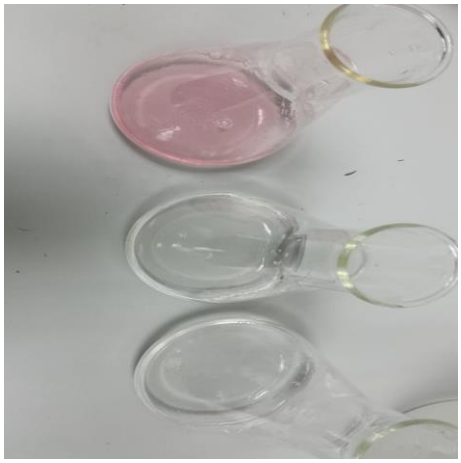
Fuente. Elaboración propia

Se puede evidenciar que los valores de pH, conductividad, dureza total, dureza cálcica, calcio, hierro total y cloruros se encuentran dentro de los valores permitidos por la resolución 2117 de 2007; los valores de magnesio y amoniaco se encuentran muy por debajo de los límites permitidos en la resolución, y por último, se evidencia ausencia total de amoniaco y bicarbonatos.

El agua potable es el agua definida por la NTC 3459 de 2001 como el agua con la cual se deben fabricar las mezclas de concreto destinadas para la construcción de cualquier obra civil en Colombia.

Figura No. 19. Registro fotográfico caracterización de aguas lluvia, subterránea y potable.





6.1.4 Cemento

Se usó cemento Argos tipo III, caracterizado por la planta cementera.

6.1.5 Agregados

Los agregados pétreos de obtuvieron de la cantera Saravena, del departamento de Arauca.

Se fabricaron mezclas de concreto con triturado de tamaño máximo 1” y arena, estos materiales se sometieron a un diseño de mezcla arrojando como resultado que el agregado grueso tiene un tamaño máximo de 1” y un tamaño máximo nominal de ¾”; así mismo, se determinó que la arena tiene un módulo de finura de 1,73 y no cuenta con presencia de materia orgánica.

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de cada uno de los agregados llevados a cabo en el laboratorio Top-suelos ingeniería S.A.S.

Tabla No. 14 Propiedades mecánicas de los agregados pétreos

CARACTERÍSTICA	UND	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso específico	Kg/m^3	2601,16	2552,51
Peso unitario suelto	Kg/m^3	1486,86	1239,72
Peso unitario compactado	Kg/m^3	1633,32	1488,29
Absorción	%	1,09	0,36

Figura No. 20. Ensayo de granulometría para agregados gruesos

Código: HSEQ-PS-FI-064	**GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PARA CONCRETOS**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002		
Fecha: 2013/10/08		
Página 1 de 1		

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA
LOCALIZACIÒN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA
DESCRPCIÒN DEL MATERIAL:	TRITURADO TM 1" CANTERA SARAVENA DEPARTAMENTO DE ARAUCA
NORMA ASOCIADA:	ARTICULO 630-13 — FECHA: 2018/06/23
EQUIPO UTILIZADO:	BALANZA Y TAMICES SEGÚN NORMA

AGREGADO GRUESO

Peso inicial muestra:	3635	Peso retenido tamiz No.200:	3576

TAMIZ	PESO RET. (g.)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
2"	0,000	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	85,30	2,35	2,35	97,65
3/4"	634,9	17,47	19,81	80,19
1/2"	1950,3	53,65	73,46	26,54
3/8"	497,1	13,68	87,14	12,86
No.4	366,8	10,09	97,23	2,77
No.8	42,0	1,16	98,39	1,61
FONDO	58,7	1,61	100,00	0,00
	3635,1	100,00		

TAMAÑO MÁXINO:	1"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	3/4"

OBSERVACIONES:

ELABORADO

REVISADO

. Figura No. 21. Ensayo de granulometría para agregado fino

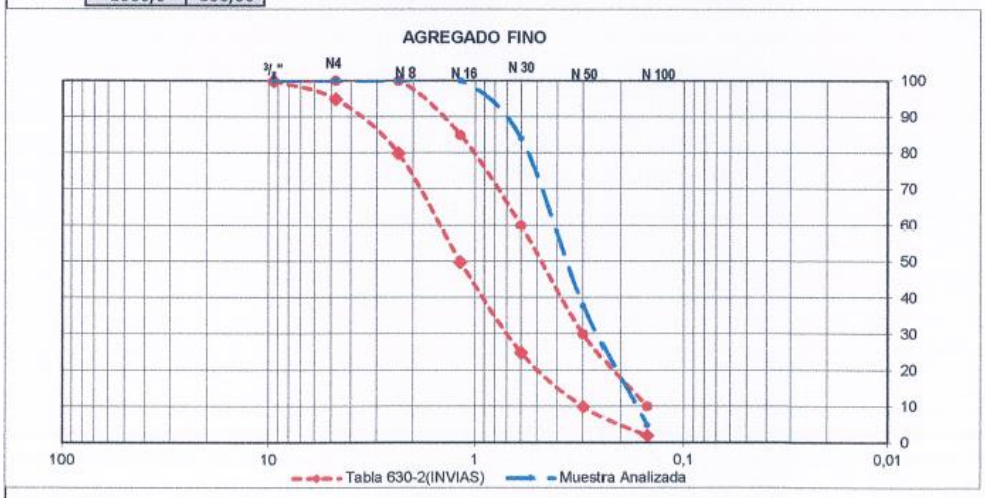
Código: HSEQ-PS-FI-064	**GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PARA CONCRETOS**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002		
Fecha: 2013/10/08		
Página 1 de 1		

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÒN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
DESCRPCIÒN DEL MATERIAL:	ARENA RIO ARAUCA		
NORMA ASOCIADA:	ARTICULO 630-13	FECHA:	2018/06/23
EQUIPO UTILIZADO:	BALANZA Y TAMICES SEGÚN NORMA		

AGREGADO FINO

Peso inicial muestra:	1000,00	Peso retenido tamiz No.200:	951,90

TAMIZ	PESO RET. (g.)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	NORMA 630-13		
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100		
No.4	0,00	0,00	0,00	100,00	95-100	MÓDULO DE FINURA:	1,73
No.8	0,00	0,00	0,00	100,00	80-100	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA:	
No.16	0,00	0,00	0,00	100,00	50-85		
No.30	160,00	16,00	16,00	84,00	25-60		
No.50	461,90	46,19	62,19	37,81	10-30		
No.100	330,00	33,00	95,19	4,81	2-10		
No.200	0,00	0,00	95,19	4,81			
FONDO	48,1	4,81	100,00	0,00			
	1000,0	100,00					



OBSERVACIONES:

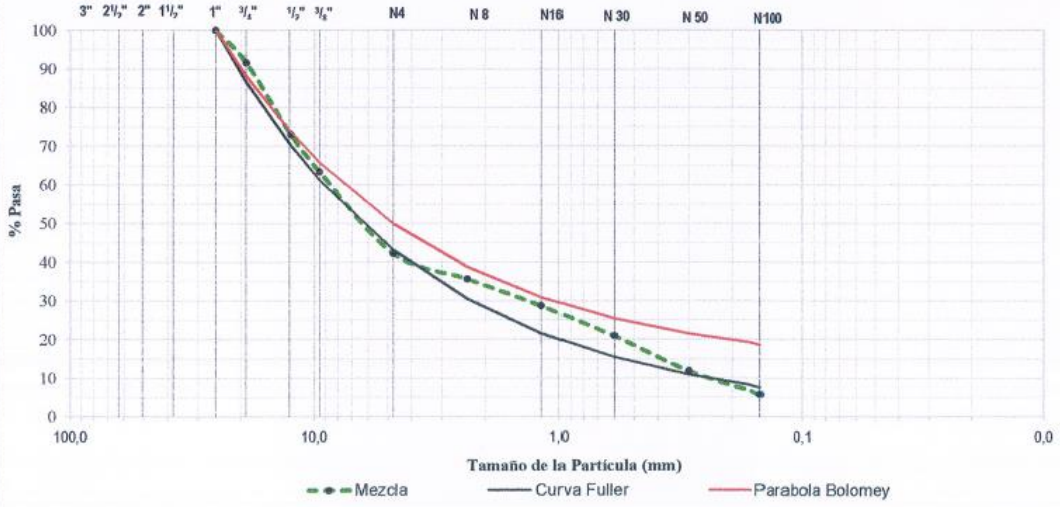
ELABORADO

REVISADO

Figura No. 22. Ensayo Fuller y Bolomey para combinación de materiales.

Código: HSEQ-PS-FI-067	**COMBINACION MATERIALES (FULLER Y BOLOMEY)**		Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002			
Fecha: 2013/10/08			
Página 1 de 1			
PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.	**FECHA:**	2018/06/23
SOLICITANTE:	**INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA**	**ESPECIFICACIÓN:**	-
MATERIAL 1 (M1):	TRITURADO TM 1"	**PROCEDENCIA:**	SARAVENA
MATERIAL 2 (M2):	ARENA RIO ARAUCA	**PROCEDENCIA:**	RIO ARAUCA

ABERTURA / TAMIZ		**PORCENTAJE (%)**					**RESULTADO (%)**	**ESPECIFICACIÓN**	
		54	**46**	**100**	**100**	**0**	**100**		
mm	**ALTERNO**	TRITUTADO 1"	ARENA	CURVA FULLER	CURVA BOLOMEY		**MEZCLA**	**Límite Inferior**	**Límite Superior**
25,4	1"	100	100	100,0	100,0		**100,0**		
19,1	3/4"	85	100	86,6	88,2		**91,7**		
12,5	1/2"	50	100	70,2	73,7		**73,0**		
9,5	3/8"	32,2	100,0	61,3	65,9		**63,4**		
4,8	No. 4	4,2	86,9	43,2	50,1		**42,2**		
2,36	No. 8	4,2	72,6	30,5	38,8		**35,7**		
1,18	No. 16	4,2	57,5	21,6	31,0		**28,7**		
0,600	No. 30	4,2	40,5	15,4	25,5		**20,9**		
0,300	No. 50	4,2	20,8	10,9	21,6		**11,8**		
0,15	No. 100	4,2	7,7	7,7	18,8		**5,8**		



OBSERVACIONES: **COMBINACIÓN: M1(54% TRITURADO TM 1") + M2(46 % ARENA)**

ELABORADO **REVISADO**

Figura No. 23. Ensayo de peso específico para agregados

Código: HSEQ-PS-FI-065	**PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS PARA CONCRETOS**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002		
Fecha: 2013/10/08		
Página 1 de 1		

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÒN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
DESCRPCIÒN DEL MATERIAL:	ARENA RIO ARAUCA Y TRITURADO DE 1" CANTERA SARAVENA		
NORMA ASOCIADA:	INVIAS E -222-223-13	FECHA:	2018/06/23
EQUIPO UTILIZADO:	PICNOMETRO, BALANZA, CANASTILLA Y TAMICES SEGÚN NORMA		

AGREGADO FINO		
ENSAYO No.	1	2
PICNÓMETRO No.	1	1
PESO MATERIAL S.S.S. g.	500	500
PESO DEL PICNÓMETRO g.	171	172
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA g.	978,9	982,2
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA g.	670	671,4
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO cm^3.	500	500
PESO DEL MATERIAL SECO g.	495,0	494,2
PESO ESPECÍFICO BULK $g./cm^3$	2,59	2,61
PESO ESPECÍFICO BULK (SSS) g./cm3	2,62	2,64
PESO ESPECÍFICO APARENTE g/cm3	2,66	2,69
% DE ABSORCIÓN	1,01	1,17

PESO ESPECIFICO BULK PROMEDIO $kg./m^3$	2601,16
PESO ESPECÍFICO (SSS) PROMEDIO $kg./m^3$	2629,57
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO $kg./m^3$	2677,26
% DE ABSORCIÓN PROMEDIO	1,09

AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	1	2
PESO MATERIAL SECO g.	2524	2499
PESO MATERIAL S.S.S. g.	2533	2508
PESO SUMERGIDO g.	1538	1535
PESO ESPECÍFICO BULK $g./cm^3$	2,54	2,57
PESO ESPECÍFICO BULK (SSS) $g./cm^3$	2,55	2,57
PESO ESPECÍFICO APARENTE $g./cm^3$	2,56	2,59
% DE ABSORCIÓN	0,36	0,36

PESO ESPECIFICO BULK PROMEDIO $kg./m^3$	2552,51
PESO ESPECÍFICO BULK (SSS) PROMEDIO $kg./m^3$	2557,04
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO $kg./m^3$	2576,08
% DE ABSORCIÓN PROMEDIO	0,36

ELABORADO

REVISADO

Figura No. 24. Ensayo peso unitario para agregados

Código: HSEQ-PS-FI-066 Versión: 002 Fecha: 2013/10/08 Página 1 de 1	**PESO UNITARIO DE AGREGADOS PARA CONCRETOS**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÒN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
DESCRPCIÒN DEL MATERIAL:	ARENA RIO ARAUCA Y TRITURADO DE 1" CANTERA SARAVENA		
NORMA ASOCIADA:	INVIAS E 217-13	FECHA:	2018/06/23
EQUIPO UTILIZADO:	BALANZA Y MOLDE PARA PESO UNITARIO		

AGREGADO FINO	SUELTO	COMPACTO
PRIMER PESO g.	18506,00	19399,00
SEGUNDO PESO g.	18613,00	19381,00
TERCER PESO g.	18589,00	19392,00
PROMEDIO	18569,33	19390,67
PESO DEL MOLDE g.	10231,00	10231,00
VOLUMEN DEL MOLDE cm^3.	5608,00	5608,00
PESO UNITARIO $g./cm^3$	1,49	1,63

PESO UNITARIO SUELTO $kg./m^3$	1486,86
PESO UNITARIO COMPACTO $kg./m^3$	1633,32

AGREGADO GRUESO	SUELTO	COMPACTO
PRIMER PESO g.	17248,00	18591,00
SEGUNDO PESO g.	17264,00	18553,00
TERCER PESO g.	17038,00	18588,00
PROMEDIO	17183,33	18577,33
PESO DEL MOLDE g.	10231,00	10231,00
VOLUMEN DEL MOLDE cm^3.	5608,00	5608,00
PESO UNITARIO $g./cm^3$	1,24	1,49

PESO UNITARIO SUELTO $kg./m^3$	1239,72
PESO UNITARIO COMPACTO $kg./m^3$	1488,29

ELABORADO

REVISADO

Con los resultados de los ensayos realizados a los agregados, se puede concluir que éstos cumplen con los requerimientos técnicos de la NTC 174. Especificaciones agregados para concreto, y son aptos para fabricar las mezclas de la investigación.

6.2 Diseño de mezclas

Para el diseño de mezclas se determinaron las siguientes características, de acuerdo a su resistencia:

Tabla No. 15. Características del diseño de mezclas

DESCRIPCIÓN	UND	RESULTADO
Resistencia del concreto a los 28 días (21 Mpa)	PSI	3000
Asentamiento de diseño	cm	7,62 – 10,16”
Relación agua cemento	a/c	0,56
Contenido de agregado grueso	%	46
Contenido de agregado fino	%	54
Contenido de cemento	Kg	386
Contenido de aire	%	2,5
Aditivos	%	0

Fuente. Elaboración propia.

Tabla No. 16. Cantidades por peso de la mezcla de concreto

DOSIFICACION 1 : 2 : 3		
CEMENTO	KG	386
ARENA	KG	766
TRITURADO	KG	899
AGUA	L	216

RELACION AGUA – CEMENTO	A/C	0,56

Fuente. Elaboración propia

Tabla No. 17. Cantidades por volumen de la mezcla de concreto

DOSIFICACION 1 : 2,3 : 2,8		
CEMENTO	M3	0,124
ARENA	M3	0,292
TRITURADO	M3	0,343
AGUA	L	0,216
RELACION AGUA – CEMENTO	A/C	0,56

Fuente. Elaboración propia

Figura No. 25. Diseño de mezclas de concreto

Código: HSEQ-PS-FI-067	**DISEÑO DE CONCRETOS HIDRÁULICOS**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002		
Fecha: 2013/10/08		
Página 1 de 1		

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA
LOCALIZACIÒN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA
DESCRPCIÒN DEL MATERIAL:	ARENA RIO ARAUCA Y TRITURADO DE 1" CANTERA SARAVENA

NORMA ASOCIADA:	MÉTODO DE DISEÑO I.C.P.C./A.C.I.	FECHA:	2018/06/23

F´c : 21 mpa

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	
RESISTENCIA DE DISEÑO f´c :	21 Mpa
RESISTENCIA REQUERIDA f´cr :	28 Mpa
ASENTAMIENTO (cm.) :	3.0" - 4.0"
ADITIVO	N.A

MATERIALES	
CEMENTO:	ARGOS
AGREGADO FINO:	ARENA RIO ARAUCA
AGREGADO GRUESO:	TRITURADO TM 1"

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
DENSIDAD APARENTE SECA kg./m³	2677,26	DENSIDAD APARENTE SECA kg./m³	2576,08
MÓDULO DE FINURA	1,73	PESO UNITARIO SUELTO kg./m³	1239,72
PESO UNITARIO SUELTO kg./m³	1486,86	PESO UNITARIO COMPACTO kg./m³	1488,29
PESO UNITARIO COMPACTO kg./m³	1633,32	TAMAÑO MÁXIMO pulg.	1"
		TAMAÑO MÁXIMO NIMINAL pulg.	3/4"

CÁLCULOS

CONTENIDO DE AGUA lt.	216	% DE ADITIVO EN PESO DE CEMENTO	0%
RELACIÓN AGUA-CEMENTO	0,56	CONTENIDO DE CEMENTO kg./m³	386
CONTENIDO AGREGADO FINO %	46	CONTENIDO AGREGADO GRUESO %	54
CONTENIDO DE AIRE %	2,5	VOLUMEN DE CEMENTO m³/M³	0,12
VOLUMEN DE AGREGADOS m³/M³	0,63	DENSIDAD APARENTE DE DISEÑO kg/m³	2622,622

CANTIDADES EN PESO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (kg./M³)

CEMENTO:	386	A. FINO:	766	A. GRUESO:	899	AGUA:	216	ADITIVO:	0,00

CANTIDADES EN VOLUMEN POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (m³/M³)

CEMENTO:	0,124	A. FINO:	0,292	A. GRUESO:	0,343	AGUA:	0,216	ADITIVO:	0,000

CANTIDADESS EN PESO POR BULTO DE CEMENTO (42,5 kg.)

CEMENTO:	42,5	A. FINO:	84	A. GRUESO:	99	AGUA:	24	ADITIVO:	0,000

CANTIDADES EN VOLUMEN POR BULTO DE CEMENTO (42,5 kg.)

CEMENTO:	0,01371	A. FINO:	0,032	A. GRUESO:	0,038	AGUA:	0,024	ADITIVO:	0,0000

PROPORCIONES EN PESO	PROPORCIONES EN VOLUMEN
1 : 2,0 : 2,3	1 : 2,3 : 2,8

PROPORCIONES EN BALDES DE 10 lt.

A. FINO: **6** A. GRUESO: **8** AGUA: **2,5** ADITIVO: .

REVISADO

6.3 Elaboración de cilindros

Una vez definido el diseño de la mezcla de concreto, se inició con la fabricación de 8 cilindros confeccionados con agua lluvia, 8 confeccionados con agua subterránea y 8 con agua potable, para un total de 24 cilindros, y se emplearon cilindros de acuerdo con la normatividad vigente.

Figura No. 26. Registro fotográfico elaboración de cilindros de concreto

6.4 Curado de los cilindros

El curado de los cilindros de concreto se llevó a cabo según las especificaciones de la NTC 550, que establece los procedimientos para la elaboración y curado de especímenes cilíndricos y prismáticos tomados de muestras representativas de concreto fresco para construcción.

Figura No. 27. Registro fotográfico de curado de cilindros de concreto

6.5 Fallado de cilindros

El fallado de los cilindros se realizó los días 7, 14 y 28 días de acuerdo a la NTC 673, concretos: ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto; por otro lado, el lugar donde se le práctico este ensayo fue en el laboratorio Top-suelos ingeniería S.A.S. ubicado en el casco urbano del municipio de Arauca.

Figura No. 28 Registro fotográfico fallado de cilindros

6.6 Análisis de resultados

6.6.1 Resultados de ensayo a compresión

Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión realizados a los cilindros de concreto confeccionado con aguas lluvia, subterránea y potable son los siguientes:

Cilindros elaborados con agua lluvia

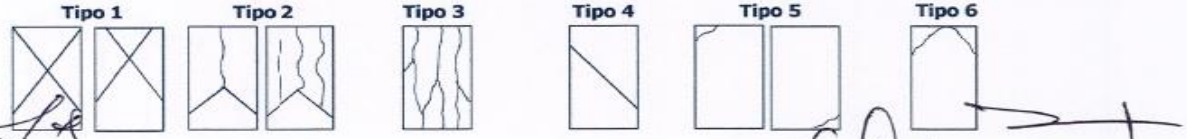
Figura No. 29 Resultados ensayo a compresión de cilindros elaborados con agua lluvia

Código: HSEQ-PS-FI-056 Versión: 002 Fecha: 2013/10/08 Página 1 de 1	**COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
NORMA ASOCIADA:	NTC 673	FECHA RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	2018-06-24
EQUIPO UTILIZADO:	PRENSA ELECTRICA PARA COMPRESION DE CONCRETO, FORMALETA METALICA 6", CONO Y VARILLA 3/8"		

PROBETA No.	LOCALIZACIÓN	ALTURA cm.	DIÁMETRO cm.	AREA cm^2	FECHA FUNDIDO	FECHA FALLADO	DIAS DE FALLADO	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA Mpa	TIPO FALLA
D1-18	**DISEÑO DE CONCRETO AGUAS LLUVIAS:** 3000PSI **ASENTAMIENTO:** 7,0 cm	30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2355	16	6
D1-18		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2396	17	6
D1-18		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2691	19	6
D1-18		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2773	19	5
D1-18		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	3249	22	5
D1-18		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	3167	22	5

NOTA:
CILINDROS DE PRUEBA EN LABORATORIO



ELABORADO POR

REVISADO POR

Cilindros elaborados con agua subterránea

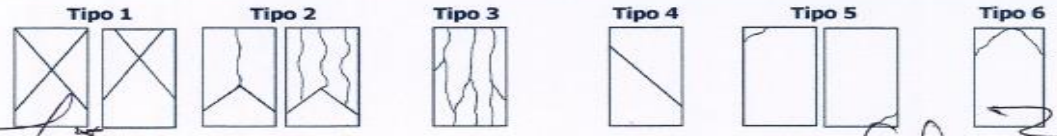
Figura No. 30 Resultados ensayo a compresión de cilindros elaborados con agua subterránea

Código: HSEQ-PS-FI-056 Versión: 002 Fecha: 2013/10/08 Página 1 de 1	**COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
NORMA ASOCIADA:	NTC 673	FECHA RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	2018-06-24
EQUIPO UTILIZADO:	PRENSA ELECTRICA PARA COMPRESION DE CONCRETO, FCRMALETA METALICA 6", CONO Y VARILLA 3/8"		

PROBETA No.	LOCALIZACIÓN	ALTURA cm.	DIÁMETRO cm.	AREA cm^2	FECHA FUNDIDO	FECHA FALLADO	DIAS DE FALLADO	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA Mpa	TIPO FALLA
D1-20	**DISEÑO DE CONCRETO AGUAS SUB TERRANEAS:** 3000PSI **ASENTAMIENTO:** 6,0 cm	30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2174	15	3
D1-20		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2281	16	5
D1-20		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2593	18	5
D1-20		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2691	19	6
D1-20		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	2888	20	6
D1-20		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	2970	20	5

NOTA:
CILINDROS DE PRUEBA EN LABORATORIO



ELABORADO POR

REVISADO POR

Cilindros elaborados con agua potable

Figura No. 31 Resultados ensayo a compresión de cilindros elaborados con agua potable

Código: HSEQ-PS-FI-056	**COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO**	Top-Suelos Ingeniería S.A.S
Versión: 002		
Fecha: 2013/10/08		
Página 1 de 1		

PROYECTO:	AGUA LLUVIAS Y AGUAS SUB TERRANEAS:ALTERNATIVAS PARA LA ELABORACION DE HORMIGON Y CONTRIBUCION A UN IMPACTO AMBIENTAL REDUCIENDO, GENERADO POR LAS OBRAS DE CONSTRUCCION EN EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO DEL MUNICIPIO DE ARAUCA.		
SOLICITADO POR:	INGENIERO DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ GAVIRIA		
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
NORMA ASOCIADA:	NTC 673	FECHA RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	2018-06-24
EQUIPO UTILIZADO:	PRENSA ELECTRICA PARA COMPRESION DE CONCRETO, FORMALETA METALICA 6", CONO Y VARILLA 3/8"		

PROBETA No.	LOCALIZACIÓN	ALTURA cm.	DIÁMETRO cm.	AREA cm^2	FECHA FUNDIDO	FECHA FALLADO	DIAS DE FALLADO	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA Mpa	TIPO FALLA
D1-19	**DISEÑO DE CONCRETO AGUA POTABLE:** 3000PSI **ASENTAMIENTO:** 7,0 cm	30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2478	17	5
D1-19		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-06-30	7	2560	18	5
D1-19		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2855	20	5
D1-19		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-07	14	2888	20	6
D1-19		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	3405	23	6
D1-19		30,00	15,00	176,71	2018-06-23	2018-07-21	28	3569	25	5

NOTA:
CILINDROS DE PRUEBA EN LABORATORIO

ELABORADO POR

REVISADO POR

6.6.2 Comparación de resistencias

Se presenta un cuadro comparativo de las resistencias a la compresión alcanzadas por los cilindros fabricados con diferentes tipos de agua a los días 7, 14 y 28 días.

Tabla No. 18 Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 7 días

DIA 7 DE FALLA						
Tipo de agua usada	**Altura (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Resistencia psi**	**Prom. resistencia psi**	**Resistencia Mpa**	**Prom. resistencia Mpa**
Lluvia	30,0	15,0	2355	2375	16	16,5
	30,0	15,0	2396		17	
Subterránea	30,0	15,0	2174	2227	15	15,5
	30,0	15,0	2281		16	
Potable	30,0	15,0	2478	2519	17	17,5
	30,0	15,0	2560		18	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla No. 19 Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 14 días

DIA14 DE FALLA						
Tipo de agua usada	**Altura (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Resistencia psi**	**Prom. resistencia psi**	**Resistencia Mpa**	**Prom. resistencia Mpa**
Lluvia	30,0	15,0	2691	2732	19	19
	30,0	15,0	2773		19	
Subterránea	30,0	15,0	2593	2642	18	18,5
	30,0	15,0	2691		19	
Potable	30,0	15,0	2855	2871	20	20
	30,0	15,0	2888		20	

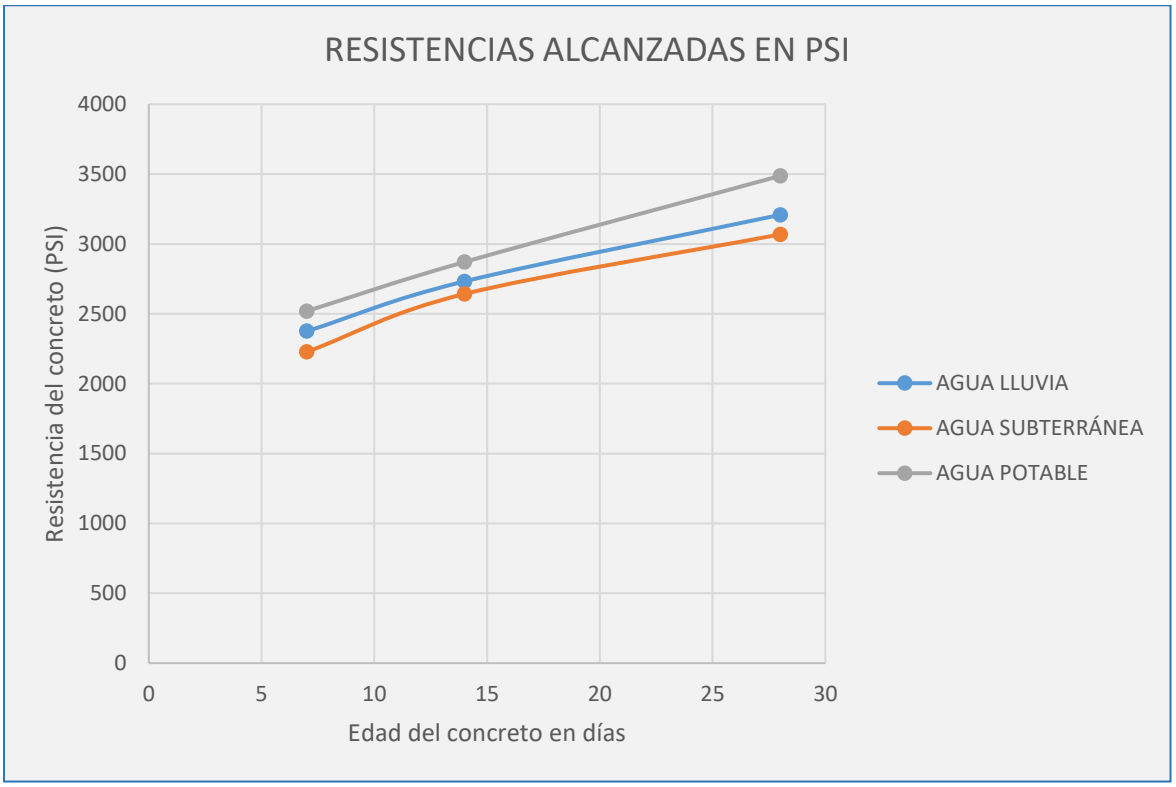
Fuente. Elaboración propia.

Tabla No. 20 Resistencias alcanzadas por los cilindros a la edad de 28 días

DIA 28 DE FALLA						
Tipo de agua usada	**Altura (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Resistencia psi**	**Prom. resistencia psi**	**Resistencia Mpa**	**Prom. resistencia Mpa**
Lluvia	30,0	15,0	3249	3208	22	22
	30,0	15,0	3167		22	
Subterránea	30,0	15,0	2888	3068	20	20
	30,0	15,0	2970		20	
Potable	30,0	15,0	3405	3487	23	24
	30,0	15,0	3569		25	

Fuente. Elaboración propia.

Figura No. 32 Gráfica comparativa de resistencias alcanzadas por las mezclas de concreto.



6.7 Requisitos legales para la utilización de agua lluvia y subterránea

La corporación autónoma regional de la Orinoquía CORPORINOQUIA es la autoridad ambiental y administradora de los recursos naturales que gestiona el desarrollo sostenible en la región de la Orinoquía, el departamento de Arauca tiene su sede principal en el municipio de Arauca, y desde allí esta organización controla el uso del agua subterránea en el departamento (Corporinoquia, 2016).

Para construir un sistema de extracción de agua subterránea en el municipio de Arauca, se debe tramitar un permiso ante CORPORINOQUIA con el objetivo de obtener una concesión para la extracción y uso de las aguas subterráneas, para otorgarlo, la entidad exige la entrega de una serie de documentos legales dentro de los cuales se debe incluir un informe técnico donde se especifique el uso que pretende darse al agua extraída, lugar exacto de extracción, municipios o comunidades que resultarán beneficiadas y qué sistemas de derivación, captación, aducción, tratamiento, conducción, almacenamiento, distribución, restitución de sobrantes y drenaje se tendrán para el agua subterránea extraído (Corporinoquia, 2016).

En cuanto al agua lluvia, CORPORINOQUIA no cuenta con una legislación vigente que reglamente la recolección y uso del agua lluvia, y a nivel nacional existe un marco regulatorio muy débil en materia de aprovechamiento de aguas lluvias para proyectos de orden local, específicamente en edificaciones, por lo cual se debe trabajar en esta materia para potencializar el uso de técnicas que reduzcan la utilización y racionalización del agua

CONCLUSIONES

Fabricar concreto con agua lluvia es una alternativa viable para reducir el impacto ambiental generado por la demanda de agua potable en el sector de la construcción en el departamento de Arauca, ya que ayudaría a disminuir la demanda de la misma que resulta insuficiente para abastecer todo el municipio.

De otra parte, para confeccionar concreto con agua subterránea se necesitaría realizar algún tipo de tratamiento a dicha agua para que el concreto confeccionado con la misma logre alcanzar la resistencia requerida.

Se realizaron ensayos de resistencia a cada una de las mezclas de concreto fabricadas con diferentes tipos de aguas y el análisis realizado demostró que la resistencia total a la edad de 28 días de los cilindros de concreto elaborados con agua lluvia, son considerablemente similares a los valores alcanzados por las probetas fabricadas con agua potable, teniendo entre ellas una diferencia de 9%, considerando que en ambos casos se superó la resistencia requerida de 21 Mpa.

Los parámetros físico químicos de las aguas lluvias se encuentran en niveles similares a los del agua potable, cumpliendo con los requerimientos de la NTC 3459 que define las características que debe tener el agua para la elaboración de concretos. Por otra parte, los parámetros físico químicos de las aguas subterráneas no cumplen con algunos niveles establecidos por la norma para que dicha agua pueda usarse en la fabricación de concreto.

La resistencia alcanzada por el concreto confeccionado con agua lluvia fue aproximadamente el 95% de la resistencia que se logra con el concreto fabricado con agua potable a la edad de 7 y 14 días, sin embargo, para el día 28 la tendencia disminuye, logrando sólo el 91% de la resistencia esperada.

El agua subterránea presenta niveles muy altos de iones de cloruro y adicionalmente sus niveles de pH se encuentran bajos ocasionando que el agua tenga un nivel de acidez mayor al permitido para elaboración de mezclas, lo que trae como consecuencia que el concreto obtenga aproximadamente un 17% menos de la resistencia esperada de 21 Mpa a esa edad.

El concreto fabricado con agua subterránea presenta niveles menores de resistencia lograda a la edad de 7, 14 y 28 días con respecto a los niveles esperados según el concreto confeccionado con agua potable; los cilindros fabricados con concreto con agua subterránea alcanzaron el 83,33% de la resistencia esperada a la edad de 28 días.

En la legislación nacional actual, no se tiene contemplado el aprovechamiento de aguas lluvias para zonas urbanas como parte de una política de estado, la normatividad se encuentra desactualizada frente a condiciones como ésta y no se tiene claro como puede ser el modelo tarifario de un proyecto que contempla el aprovechamiento de aguas lluvias.

Normalmente, debido a la naturaleza propia de los suelos donde se encuentra agua subterránea, es posible encontrar contenidos altos de algunos metales y minerales, de allí que se tengan altos niveles de cloruros; para disminuir estos niveles en el agua y hacer que ésta sea viable para la fabricación de concretos se pueden emplear hidrotalcitas, éstas son arcillas con capacidad de absorber estos iones cloruros de la estructura del agua, haciéndola menos corrosiva. Otra alternativa es la instalación de uno o varios filtros que tengan como función la suspensión de partículas como la arena, gravilla, antracita y carbón activado, de manera que el agua sea filtrada antes de ser utilizada.

Es común encontrar niveles bajos de pH en las aguas subterráneas, lo que las hace más ácidas que el agua potable, para nivelar esta acidez y hacer posible que esta agua sea viable para la fabricación de concretos puede agregarse bicarbonato y/o soda cáustica al agua.

Referencias Bibliográficas

Plan de Desarrollo Municipal de Arauca . (2016). *Alcaldía de Arauca. (2016). Plan de Desarrollo Municipal de Arauca "En Arauca Creeemos y podemos .*

Abdulla & AlShareef. (2006). *Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan.* Springe.

Agencia de Noticias Universidad Nacional . (03 de MARZO de 2011). Obtenido de El 50% del agua en Colombia es de mala calidad: https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad.html

Alvarez, & Manjarrez. (2009). *Influencia de las características del agua de mezclado en la resistencia del concreto de 3000 y 4000 psi.* Cartagena.

Beat Stauffer (seecon) y Dorothee Spuhler (seecon). (2019). Obtenido de Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios): https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29

Bellino. (2012). *Aguas subterráneas conocimiento y explotación.* Buenos Aires.

Betancur Sierra. (2010). *Los Eco-Materiales En La Construcción Sostenible: De la academia a la creación de Empresas.* Medellin: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antoquía, 1(1), 1–26.

Bueno Osuna & Valencia Giraldo . (2017). *Determinación de la combinación óptima de agua potable y agua subterránea para la elaboración de concreto. Caso de estudio : Villanueva - bolivar.*

Carmona. (2011). *Análisis de la influencia de la disminución de 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.* Cartagena: Universidad de Cartagena.

Carrasco. (2013). *Agua para morteros y hormigones. Tecnología Del Hormigón, 1–9.*

Congreso de la República de Colombia ley 142. (1994).

Congreso de la República de Colombia Ley 373. (1997). *Se establece el uso eficiente del agua.*

Congreso internacional de Ingeniería Civil Tunja. (2016). Obtenido de Parametros de durabilidad del concreto: https://www.ustatunja.edu.co/cong/images/memorias2016/3.%20Parametros%20de%20Durabilidad%20del%20Concreto.pdf

Corporinoquia. (2011). Obtenido de Informe de saneamiento básico del municipio de Arauca: http://www.corporinoquia.gov.co/files/Agenda%20Arauca/INFORME_DE_CUMPLIMIENTO_ARAUCA_2011.pdf

Corporinoquia. (2016). Obtenido de Funciones : http://www.corporinoquia.gov.co/index.php/home/corporinoquia/91-funciones.html

Cruz, O., & Hernandez, N. (2017). Obtenido de Materializacion del derecho al agua: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7658/1/2017_materializacion_derecho_agua.pdf

Empresa Municipal de Servicios Públicos de Arauca. (2015). *Empresa Mun PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA SERVICIO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.*

FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua.* Obtenido de http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf

Ferreira Cuellar, D., & Torres , K. (2014). Obtenido de Caracterización física de los agregados petreos para concretos: caso vista hermosa (mosquera) ina cemex (apulo): https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACI%C3%93N.pdf

Fundacionaquae.org. (s.f). Obtenido de Características del agua potable y cómo se obtiene: https://www.fundacionaquae.org/caracteristicas-agua-potable/#:~:text=El%20agua%20potable%20es%20una,de%20microorganismo%20y%20sustancias%20t%C3%B3xicas.

Geoenciclopedia. (2019). *Aguas Subterráneas.* Obtenido de https://www.geoenciclopedia.com/aguas-subterraneas/

Granados , & Hernandez. (2010). Obtenido de La lluvia ácida y los ecosistemas forestales: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182010000200009

Igma. (2011). Obtenido de Composición química de las aguas subterraneas naturales: https://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1_1.pdf

Lenntech. (2016). *Propiedades de las aguas subterráneas.* Obtenido de https://www.lenntech.es/agua-subterranea/propiedades.htm

Leon, F., & Reyes, C. (2018). Obtenido de incidencia del ph del agua de mezclado en la resistencia a la compresión de concreto hidráulico: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22899/1/INCIDENCIA%20DEL%20PH%20DEL%20AGUA%20DE%20MEZCLADO%20EN%20LA%20RESISTENCIA%20A%20LA%20COMPRESI%C3%93N%20DE%20CONCRETO%20HIDR%C3%81ULICO.pdf

Matute, & Urda Martinez. (2010). *Análisis de la influencia del agua del rio Magdalena como agua de mezclado en las propiedades del concreto de 3000 y 4000 psi.* Cartagena.

Medina Restrepo. (2013). *Concreto confeccionado con aguas lluvia: un aporte a la disminución del impacto ambiental generado por la industria de la construcción.* Medellpin.

Monforte García , & Cantú Martínez. (2009). Escenario del agua en Mexico. *Culcyt//Recursos Hídrico*. Obtenido de Escenario del agua en Mexico: file:///D:/USER/Downloads/Dialnet-EscenarioDelAguaEnMexico-3238728.pdf

Morales. (2016). Obtenido de EMENTO, GRAVA, ARENA, CONCRETO Y MORTERO INTEGRANTES: : https://es.slideshare.net/IsayanaTorres/concreto-66429078

Ochoa Ortiz. (2020). Obtenido de Cemento: https://www.coursehero.com/file/70415205/Cementodocx/

Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Agua.* Obtenido de https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html

Osorio , J. (2020). *HIstoria del concreto y del cemento.* Obtenido de https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/historia-del-concreto-y-del-cemento

Romero Quintero, & Hernandez , C. (2014). *diseño de mezclas de hormigón por el método a.c.i. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión.* Obtenido de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/915/Diseno%20de%20mezclas%20de%20hormigon%20por%20el%20metodo%20a.c.i..pdf;jsessionid=98F40A37F1E164B73F3D40B3EFD7CF78?sequence=1

Saúde-Manguinhos. (2000). Obtenido de Los circuitos del agua y la higiene urbana en la ciudad de Cartagena a comienzos del siglo XX: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702000000300006

Terreros , L., & Carvajal , I. (2016). Obtenido de análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cañamo: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81%C3%91A.pdf