



# XIX

## SEMANA DE LA FACULTAD DE

# ARQUITECTURA E INGENIERÍA

PRODUCCIONES ACADÉMICAS E INVESTIGATIVAS DE LOS PROGRAMAS DE PREGRADO Y POSGRADO

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 10- No 1-2022 Publicación Semestral

# **EVALUAR EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES PRODUCTO DE LOS CICLOS DE LAVADO**

Sebastián Foronda Franco, Rosana Estrada Zuluaga,

Juan Esteban Tamara

Asesor Temático: Ing. Joan Amir Arroyave Rojas

Asesor Metodológico: Arq Cons. Sergio Andrés Arboleda López

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

# Planteamiento del problema

Con precipitaciones anuales promedio de 1.800 mililitros –cuando en el resto de las naciones del planeta son de 900 mililitros–, cerca de 720 mil cuencas hidrográficas y alrededor de 10 ríos con caudales permanentes, se podría pensar que hay agua ilimitada para todos. Sin embargo, la situación es preocupante. El viceministro de Ambiente, Carlos Castaño, afirma que más del 50% del recurso hídrico en Colombia no se puede utilizar por problemas de calidad.

Uno de los informes presentados en el Segundo Foro Mundial del Agua realizado en el año 2000 en La Haya, señala que al entorno natural se descargan casi 4.500.000 m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas e industriales, y la mayoría de los municipios no cuentan con plantas para su tratamiento. Ciudades del nivel de Barranquilla tan solo tienen a su disposición lagunas de oxidación antes del vertimiento de las aguas, mientras la capital, Bogotá, cuenta con una planta de tratamiento que solo procesa el 20% de lo que producen los habitantes.

Entonces, a pesar de tener buena posibilidad de contar con agua en nuestro país, se sabe que gran parte de esta no es de buena calidad, es decir, para el consumo; entonces si así es la situación ¿por qué usamos la poca agua potable que tenemos al alcance para lavado de pisos, descarga de sanitarios y otras actividades que no requieren de esta calidad de agua en nuestras viviendas?

Índice de escasez en municipios de Colombia año seco. Proyección 2015  
Fuente: Estudio Nacional del Agua

Departamento	Municipios (N°)	Población total (hab)	Índice de escasez														
			Alto			Medio alto			Medio			Mínimo			No significativo		
			Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población
Amazonas	8	105.988													8	100	105.988
Antioquia	124	6'587.733	1	1	122.361	3	2	22.842	4	3	2'349.251	62	50	2'666.217	54	44	1'427.062
Arauca	7	396.629										1	14	63.315	6	86	333.314
Atlántico	23	2'892.927	2	9	157.798	3	13	167.368	2	9	46.457				16	70	2'521.304
Bogotá	1	7'776.858	1	100	7'776.858												
Bolívar	38	2'645.992	2	5	143.352	2	5	41.487				13	34	1'663.277	21	55	797.876
Boyacá	1223	1'533.108	10	8	557.338	14	11	124.800	15	12	214.462	59	48	471.951	25	20	164.557
Caldas	25	1'288.198				2	8	528.496	2	8	39.737	16	64	540.910	5	20	179.055
Caquetá	15	552.127													15	100	552.127
Casanare	19	428.821										3	16	73.066	16	84	355.755
Cauca	38	1'555.282				1	3	56.871	2	5	346.386	24	63	765.250	11	29	386.775
Cesar	24	1'225.869				1	4	16.542	1	4	31.176	16	67	1'006.839	6	25	171.312
Córdoba	26	1'490.192							5	19	476.454	18	69	867.471	3	12	146.267
Cundinamarca	113	2'788.655				5	4	479.207	12	11	268.635	68	60	1'256.224	28	25	784.589
Chocó	21	356.165													21	100	356.165
Guainía	7	59.359													7	100	59.359
Guaviare	4	174.095													4	100	174.095
Huila	37	1'160.714	1	3	23.344	1	3	486.159	1	3	13.287	26	70	510.381	8	22	127.543
La Guajira	11	573.162							5	45	279.683	6	55	293.479			
Magdalena	21	1'411.232				1	5	95.589				10	48	971.982	10	48	343.661
Meta	29	940.383				5	17	120.555	1	3	17.091	5	17	528.345	18	62	274.392
Nariño	60	2'066.310	1	2	6.560	1	2	8.433	8	13	670.539	33	55	871.632	17	28	509.146
Norte de Santander	39	1'829.356	2	5	118.268	5	13	1'070.905	2	5	206.977	19	49	199.888	11	28	233.318
Putumayo	13	495.005										2	15	45.719	11	85	449.286
Quindío	12	732.092	1	8	383.742	1	8	52.434	4	33	225.302	6	50	70.614			
Risaralda	14	1'211.132	2	14	267.495	2	14	663.379	2	14	64.248	6	43	176.311	2	14	39.699
San Andrés	2	108.283	1	50	100.161										1	50	8.122
Santander	87	2'375.265	4	5	1'025.317	3	3	241.418	5	6	325.682	54	62	575.254	21	24	207.594
Sucre	24	1'053.362				2	8	385.743				21	88	662.234	1	4	5.385
Tolima	46	1'352.064	4	9	66.240				2	4	585.536	25	54	498.770	15	33	201.518
Valle del Cauca	42	5'225.414	3	7	3'024.297	1	2	155.067				28	67	1'592.814	10	24	453.236
Vaupés	6	34.950													6	100	34.950
Vichada	4	138.431													4	100	138.431
<b>Total municipios</b>		1.063	35			53			73			521			381		
<b>%</b>		100	3,3			5,0			6,9			49,0			35,8		
<b>Total población</b>		52'565.153			13'773.131			4'717.295			6'160.903			16'371.943			11'541.881
<b>%</b>		100			26,2			9,0			11,7			31,1			22,0

Índice de escasez en municipios de Colombia año seco. Proyección 2025  
Fuente: Estudio Nacional del Agua

Departamento	Municipios (N°)	Población total (hab)	Índice de escasez														
			Alto			Medio alto			Medio			Mínimo			No significativo		
			Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población (hab)	Municipios N°	%	Población
Amazonas	8	130.499													8	100	130.499
Antioquia	124	7'276.442	1	1	143.587	5	4	2'407.815	6	5	187.010	75	60	3'596.146	37	30	941.884
Arauca	7	523.013										1	14	83.495	6	86	439.518
Atlántico	23	3'366.674	4	17	378.758	3	13	74.993							16	70	2'912.923
Bogotá	1	9'088.936	1	100	9'088.936												
Bolívar	38	3'098.785	3	8	200.764	1	3	11.754	1	3	86.068	13	34	1'947.645	20	53	852.554
Boyacá	123	1'575.208	17	14	674.725	13	11	165.871	16	13	174.870	61	50	490.723	16	13	609.019
Caldas	25	1'357.055				3	12	580.858	5	20	190.440	15	60	443.201	2	8	142.756
Caquetá	15	635.573													15	100	635.573
Casanare	19	528.565										5	26	254.580	14	74	273.985
Cauca	38	1'712.587	1	3	66.820	1	3	92.276	4	11	435.403	24	63	784.230	8	21	333.858
Cesar	24	1'363.953				2	8	56.707	5	21	193.522	14	58	1'049.176	3	13	64.548
Córdoba	26	1'538.605				2	8	333.446	6	23	646.380	17	65	501.542	1	4	57.237
Cundinamarca	113	3'202.805	4	4	571.004	10	9	274.703	20	18	321.817	59	52	1'496.332	20	18	538.949
Chocó	21	321.884													21	100	321.884
Guainía	7	76.768													7	100	76.768
Guaviare	4	212.507													4	100	212.507
Huila	37	1'279.688	1	3	23.686	1	3	589.877	4	11	80.957	29	78	549.030	2	5	36.138
La Guajira	11	639.827				1	9	19.610	7	64	503.080	3	27	117.137			
Magdalena	21	1'537.422	1	5	68.883				2	10	64.942	9	43	1'081.171	9	43	322.426
Meta	29	1'079.616	2	7	52.594	4	14	96.972	2	7	9.275	5	17	646.367	16	55	274.408
Nariño	60	2'327.217	2	3	15.062	4	7	85.445	16	27	1'010.598	24	40	708.573	14	23	507.539
Norte de Santander	39	2'151.616	2	5	140.750	7	18	1'562.286	2	5	51.876	23	59	277.534	5	13	119.170
Putumayo	13	605.012							1	8	31.127	3	23	74.082	9	69	499.803
Quindío	12	1'420.964	1	8	431.187	4	33	201.740	1	8	711.724	6	50	76.313			
Risaralda	14	1'351.893	2	14	297.313	4	29	836.573	1	7	26.180	5	36	149.940	2	14	41.887
San Andrés	2	131.581	1	50	121.824										1	50	9.757
Santander	87	2'562.952	6	7	1'158.348	5	6	623.778	3	3	19.289	69	79	698.274	4	5	63.263
Sucre	24	1'203.358	1	4	431.384	1	4	36.449	2	8	157.871	19	79	572.124	1	4	5.530
Tolima	46	1'333.712	4	9	70.132				4	9	620.717	26	57	485.614	12	26	157.249
Valle del Cauca	42	5'822.042	3	7	3'541.988	1	2	161.626	7	17	868.065	23	55	825.118	8	19	425.245
Vaupés	6	40.495													6	100	40.495
Vichada	4	186.441													4	100	186.441
Total municipios		1.063	57			72			115			528			291		
%		100	5			7			11			50			27		
Total población		59'683.695			17'477.745			8'212.579			6'391.211			16'908.347			10'693.813
%		100			29			14			11			28			18

# Hipótesis de investigación

Existen varias formas y dimensiones que tienen los diferentes tipos de batería de lavado, se optó por elaborar y diseñar un sistema que no requiera mayor espacio, o complejidad en su instalación y que el sistema fuera adaptable al espacio de la lavadora.

Este proyecto busca, por lo tanto, elaborar un sistema, el cual basado en una investigación deductiva y empírica analítica, permita no solo ser adaptable a una batería de lavado desde su construcción, sino almacenar el agua residual de la lavadora para su posterior uso e implementar este sistema generará un ahorro.

Esta es una forma de optimizar el recurso hídrico sin tener que hacer una costosa inversión, en este caso en una casa de vivienda común el agua resultante de los ciclos de lavado podría emplearse para la limpieza del hogar, el lavado de la ropa en general y para la descarga del inodoro. Este tipo de inversiones son rentables en la medida que la humanidad dé el valor que realmente amerita esta problemática.

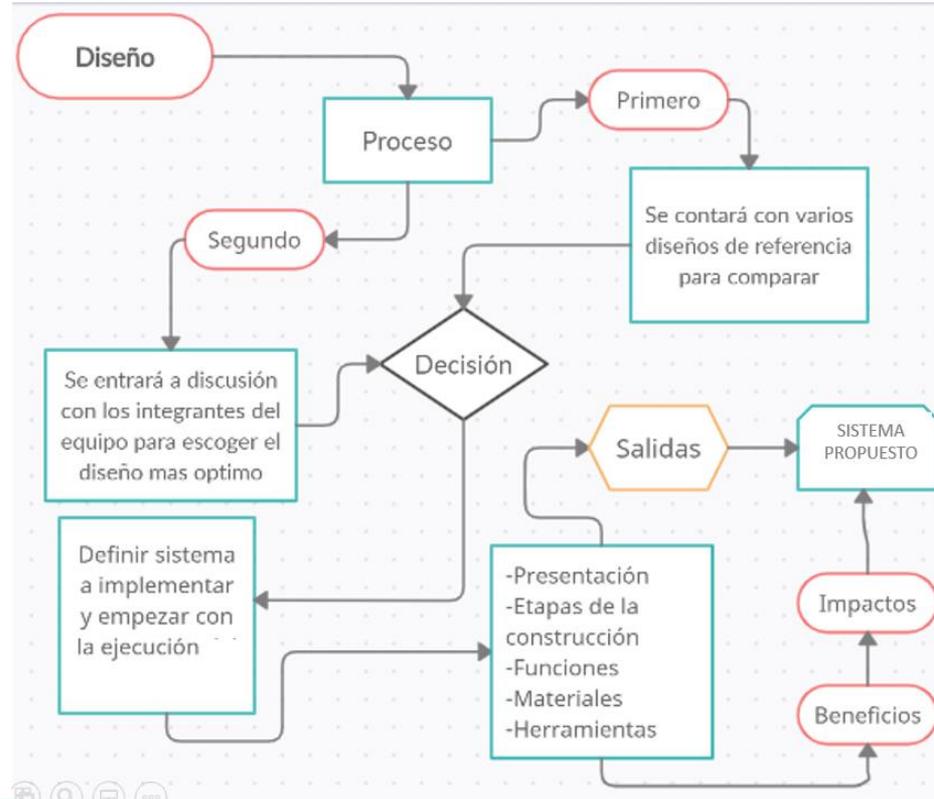
# Objetivos

**Objetivo General:** Proponer un sistema de distribución de bajo costo de aguas grises resultantes de ciclos de lavado en lavadora con un enfoque de sostenibilidad.

## Objetivos Específicos:

- Diseñar un prototipo de un sistema de aprovechamiento de las aguas resultantes del ciclo de lavado.
- Valorar el reuso del agua comparando la inversión con el costo de oportunidad.
- Determinar el posible ahorro de agua por medio de la operación del sistema propuesto.

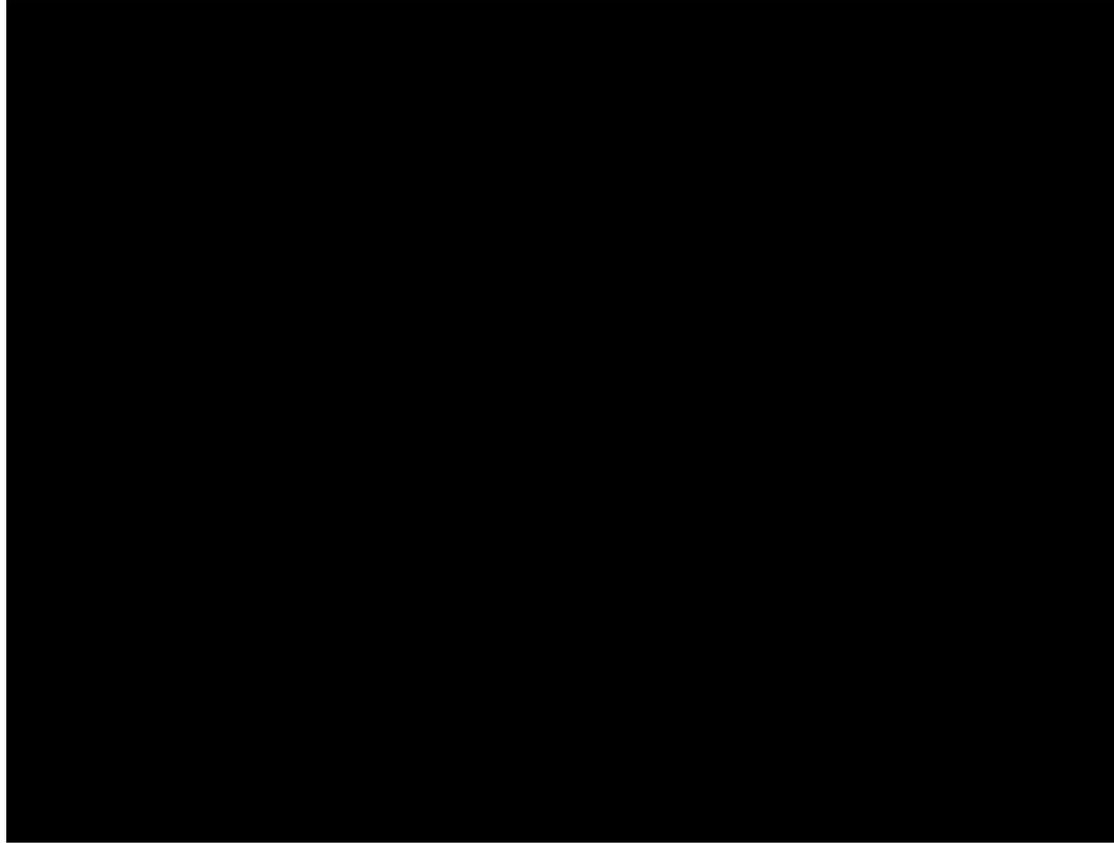
# Metodología



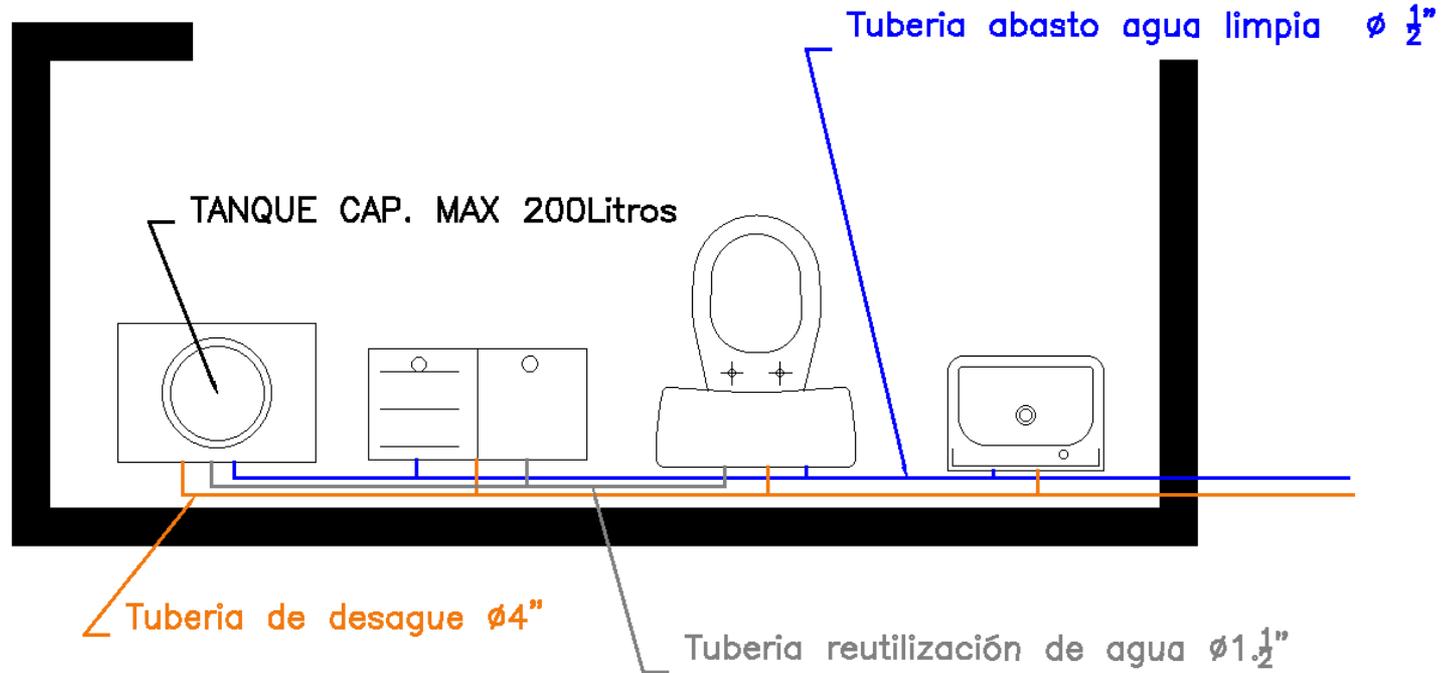
# Descripción del sistema

MINISTERIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

---



# Sistema propuesto



# Valoración técnica estimada

COSTO IMPLEMENTACIÓN				
COSTO TOTAL			\$	1.605.600,00
COSTO MATERIALES			\$	1.146.590,00
ITEM	UND	CANTIDAD	COSTO UNI	COSTO TOTAL
Tanque almacenamiento de polietileno	Und	1	\$ 218.900,00	\$ 261.700,00
Tubería PVC Presión	m	6	\$ 3.610,00	\$ 21.660,00
Soldadura PVC 1/32GI 118ml	Und	1	\$ 15.430,00	\$ 15.430,00
Removedor PVC 1/32 120ml	Und	1	\$ 9.400,00	\$ 9.400,00
Codo 90 x 1/2 Presión	Und	10	\$ 550,00	\$ 5.500,00
Valvula selectora automatica	Und	1	\$ 124.500,00	\$ 124.500,00
Adaptador Hembra 1/2 Presión	Und	4	\$ 650,00	\$ 2.600,00
Adaptador Macho 1/2 Presión	Und	3	\$ 650,00	\$ 1.950,00
Llave Lavadero Cromada Entrada De 1/2 Salida De 3/4	Und	3	\$ 11.400,00	\$ 34.200,00
Viga W 10x12x6m	m	4	\$ 111.000,00	\$ 444.000,00
LÁMINA HR	m2	1	\$ 195.900,00	\$ 195.900,00
Soldadura Electrodo 6010 X 1 kilo	Kg	0,25	\$ 119.000,00	\$ 29.750,00
COSTO MANO DE OBRA			\$	459.010,00
ITEM	UND	CANTIDAD	COSTO UNI	COSTO TOTAL
Oficial plomero	h	16	\$ 13.200,00	\$ 211.200,00
Ayudante razo	h	16	\$ 6.200,00	\$ 99.200,00
Oficial soldador	h	7	\$ 14.530,00	\$ 101.710,00
Ayudante soldador	h	7	\$ 6.700,00	\$ 46.900,00

# Ahorro de agua al mes

Ahorro en litros por ciclo de lavado	150
Lavados por semana (familia promedio de 4 personas)	4
Ahorro litros por semana (7 dias)	600
Ahorro litros por mes (30 dias)	2574
<b>Ahorro en m3 mes</b>	<b>2,6</b>

Valor m3 (Factura EPM vivienda estrato 3 en Medellin)	\$ 5.731,00
Ahorro en m3 (mes)	2,6
Valor ahorrado mes	\$ 14.751,59
Costo total implementación del sistema	\$ 1.605.600,00
<b>Retorno de la inversión en años</b>	<b>9</b>

# Análisis de resultados

- Se logra realizar con un prototipo moderado en tamaño para que el espacio en las viviendas actuales se adapte con mayor facilidad y no sea algo que interfiera mucho en los espacios de la vivienda; se obtiene un sistema rápido de implementar, con poco tiempo de ejecución y con un costo asequible para personas de todos los estratos sociales.
- Se tendrá una reducción en el consumo del agua en el hogar ya que el agua resultante de los ciclos de lavado es utilizada para el aparato sanitario, el lavadero y el lavatraperos, reduciendo así según el consumo definido por el RAS de un clima cálido templado como Medellín con una familia de 3 a 4 integrantes en un 25% del consumo del agua en la vivienda por mes, y esto se ve reflejado en la disminución del valor de la factura.
- El tiempo del retorno de la inversión es de 9 años en que lo invertido se devuelve, pero no podemos dejar pasar por alto que los beneficios no es solo lo económico si no lo que más nos motiva es el medio ambiente y durante ese tiempo se reutiliza más de 277 m<sup>3</sup> de agua que equivalen a 277.000 litros que pueden ser utilizados por otras personas que lo necesitan o bien la misma naturaleza puede prescindir de ellos.

# Impacto ambiental del proyecto

Las ventajas y beneficios que traen este sistema es muy significativo, si dejamos a un lado lo económico y lo vemos como parte de ayudar al planeta, viéndolo desde un punto de vista más ambicioso, sí por mes una sola casa ahorra más de 2574 litros, y multiplicamos esto por las 147.000 casas que hay aproximadamente en el área metropolitana, el ahorro sería de 378 millones de litros por mes, cifra que supera todas las expectativas posibles, sin dejar a un lado todos los factores que influyen e interfieren en la puesta en marcha e instalación de un sistema como estos. Sin duda que es de cada persona tomar conciencia y ayudar a preservar los recursos hídricos de los cuales contamos actualmente y que cada día se agotan más.

Si se logra la reutilización del agua se permite mitigar el impacto que se genera en el medio ambiente dado que todo vertimiento llega a afluentes afectando así los ecosistemas.

La sobre demanda de los recursos es uno de los temas más preocupantes, el crecimiento incontrolado de la población, la industrialización y su gasto desproporcionado de recursos generan a diario un gran impacto sobre la tierra y sobre los recursos finitos de esta, entre estos uno indispensable, el agua.

# Conclusiones y recomendaciones

- En conclusión, el sistema de distribución para la reutilización del agua residual de la lavadora es capaz de adaptarse a un espacio estándar en el espacio sobre al cual se dispone la lavadora, está diseñado para almacenar 250 litros de agua lo que supone casi 2 cargas completas de lavadora con índices de 150 litros (superior), más de 4 cargas para las lavadoras con índices de 55 litros (carga frontal) y 3 cargas para las lavadoras con índices de 75 litros (carga superior de alta eficiencia).
- De acuerdo con el prototipo diseñado concluimos que con este sistema se les facilite la implementación e instalación de un sistema de aprovechamiento de aguas grises en sus hogares, ya que es verdaderamente beneficioso tanto para las fuentes hídricas al evitar la contaminación que estas aguas provocan en quebradas y ríos, como en las personas que lo implementen porque se verá reflejado en la factura de sus servicios públicos por la reducción del consumo de agua.
- Este proyecto da una solución parcial al problema planteado de escasez y deterioro del recurso hídrico planteado inicialmente, está diseñado para que pueda ser utilizado en viviendas ya construidas, y para cualquier estrato y tiene un gran apoyo jurídico debido a que desde 1997 se han implementado leyes y decretos que argumentan la importancia del uso eficiente y ahorro del agua.
- Aunque este diseño no tiene un sistema de tratamiento de agua gris, se recomienda para futuras investigaciones, analizar la calidad del agua residual en los tres ciclos de la lavadora, con el fin de poder diseñar un sistema y las necesidades que se pretendan cubrir.

- Alcántara Torres, Y. (2016). Estudio de viabilidad para el diseño de un sistema ecotecnológico innovador que administre y reutilice el agua de la lavadora para generar áreas verdes en el hogar. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
- Allen, L. (2015). Manual de diseño para manejo de aguas grises. *Greywater Action*, 58. <http://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- Bermejo Arnaldos, D. (2012). Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: Depuradoras naturales como alternativa sostenible. *Universidad de Alicante*, 141.
- Castiblanco Marín, G., & Romero Romero, H. D. (2008). Sistema de reutilización de agua proveniente del lavado en lavadora o lavadero. In *Revista Tekhnê* (Vol. 5, Issue 2, pp. 3–8).
- Espinal Velasquez, C. M., Ocampo Acosta, D., & Rojas García, J. D. (2014). Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar. *Universidad Tecnológica De Pereira*.
- Florez Reyes, B. R., & Granados Toro, O. A. (2016). Elaboración de un sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora, adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado. *Universidad La Gran Colombia*. <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3984>
- Franco Alvarado, M. V. (2007). Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile. *Universidad de Chile*, 1–142.
- Guerra Romero, L. P. (2019). Metodología para la reutilización de aguas lluvias y grises en edificaciones. *Universidad Católica De Colombia*, 55.
- Herazo Dilson, L., & Sierra Oliveros, N. L. Á. (2016). Uso sostenible del agua en los hogares estrato 3 de Bogotá D.C. *Universidad Piloto de Colombia*.
- Joya Romero, A. M. (2014). Estudio de factibilidad de implementación de herramientas de uso eficiente y ahorro de agua de los esquemas de construcción sostenible LÉED, BREEAM Y GREEN STAR para viviendas residenciales nuevas en la ciudad de Bogotá. *Pontificia Universidad Javeriana*.

**ESTUDIO DE LAS HUMEDADES COMO FACTOR PATOLÓGICO EN VIVIENDAS DEL BARRIO NUEVA JERUSALÉN (BELLO-ANTIOQUIA)**
  
**STUDY OF HUMIDITY AS A PATHOLOGICAL FACTOR IN HOUSES IN THE NUEVA JERUSALEN NEIGHBORHOOD (BELLO-ANTIOQUIA)**

**INTRODUCCIÓN**

Según el observatorio de Políticas Públicas del Concejo de Medellín OPPCM, liderado por la Universidad EAFIT en el año 2016, (PPCM, 2019) una de las problemáticas más comunes en las ciudades de crecimiento exponencial es la construcción ilegal, estas construcciones no cuentan con fases de planeación y ejecución adecuada, por lo tanto, es muy común que presenten patologías. Normalmente estos “asentamientos o invasiones” están a las afueras de la ciudad, en las partes altas de las montañas de Medellín, (Barrio Nueva Jerusalén, partes altas de Manrique, entre otros), o en márgenes de inundación de quebradas y afluentes, en donde el nivel freático es excesivo (La Iguaná, Santa Elena sector La Toma y riberas del río Medellín en Santa Cruz). Estas zonas no cuentan al momento de ser habitadas con manejo de aguas, mejoramiento de suelos, vías de acceso y demás requerimientos urbanísticos por no estar como zonas de expansión en el POT actual; lo anterior como problemática estatal, en cuanto a los propietarios de estas construcciones se sabe que no cuentan con buenas prácticas constructivas, con materiales idóneos y todo esto en gran parte por su situación económica.

**MARCO REFERENCIAL**

La clasificación de las patologías de humedades depende de las causas que las provoquen. Asimismo, todas ellas fundamentan su aparición en la existencia de agua y por esta razón es fundamental realizar un análisis en profundidad de las patologías y emitir un diagnóstico correcto. En estos barrios se tiende a utilizar unos materiales más favorables esto lo hacen no pensando en la calidad del trabajo sino en el ahorro de su dinero la garantía de estos materiales es poca ya que no cuenta con los atributos necesarios para combatir con la humedad generada que producen estos barrios, ya sean por aguas correntías, aguas lluvias, aguas de desbordamientos públicos y esto va de la mano con el cómo se ejecuta cada proceso constructivo. (Gamboa, Reyes, 2021)

**JUSTIFICACIÓN**

El propósito de esta investigación es detallar las razones y múltiples situaciones por las cuales se generan humedades principalmente en viviendas ilegales de estratos socioeconómicos más bajos y con una calidad de vida con deficiencias muy marcadas. Se busca identificar los tipos de humedades que se pueden presentar de acuerdo a los materiales utilizados para su construcción, mano de obra y cumplimiento de términos legales, las razones por las cuales se elige construir bajo esos parámetros y los efectos a mediano y largo plazo que pueden resultar de los mismos

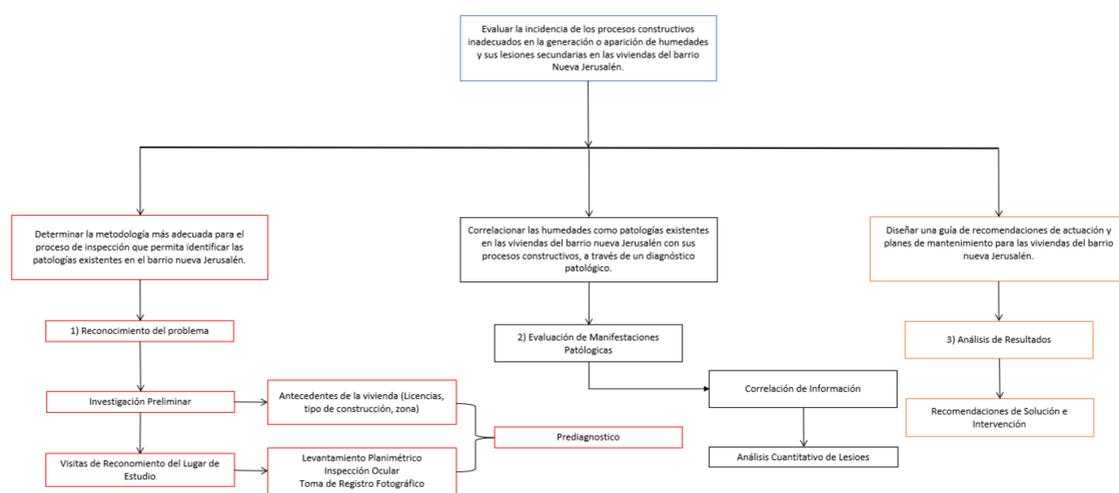


Imagen 1. Esquema de Metodología

**VISITAS DE RECONOMIENTO AL LUGAR DE ESTUDIO**

Se realizó visita a la zona de estudio, el barrio NUEVA JERUSALEN. Al llegar a la zona se evidencia que es una zona de conurbación, sin calles identificadas, los servicios públicos no son directamente proporcionados por la entidad prestadora, además, las viviendas evidentemente no cuentan con normas constructivas ni de ordenamiento territorial.

**VISITAS DE RECONOMIENTO AL LUGAR DE ESTUDIO**

Se hizo reconocimiento de 5 viviendas del sector a las cuales se les realizó inspección visual, recorrido y levantamiento de humedades en un esquema arquitectónico.



Imagen 2. Ubicación de viviendas estudiadas

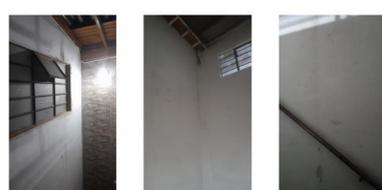


Imagen 5. Vivienda 4

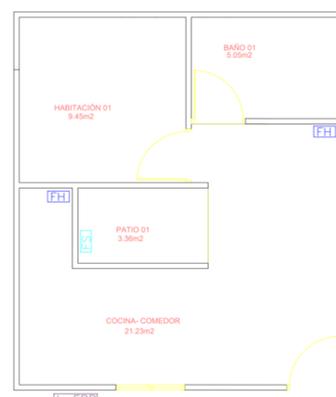


Imagen 6. Esquema de ubicación de patologías

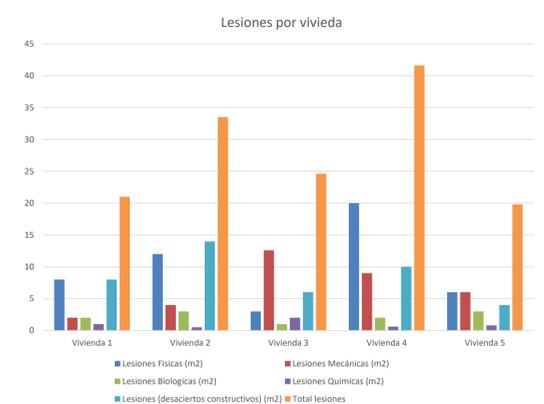


Imagen 3. Vivienda 2



Imagen 4. Vivienda 3



Imagen 5. Vivienda 5

Clasificación por grupo de lesión	Clasificación por color	Tipo de lesión	Clasificación por código
Lesiones físicas	AZUL	Humedad	F-H
		Suciedad	F-S
		Erosión por rodadura	F-E
		Vandalismo	F-V
Lesiones Mecánicas	ROJO	Grietas	M-G
		Fisuras	M-F
		Desprendimientos	M-D
Lesiones biológicas	VERDE	Organismos vegetales	B-V
		Organismos animales	B-A
		Oxidación	Q-O
Lesiones químicas	AMARILLO	Corrosión	Q-C
		Errores constructivos	L-ERR

