

Implementación de un modelo económico de ahorro de agua potable por un sistema de captación de aguas lluvia en la institución educativa Fundación Universitaria Los Libertadores*

Uriel Fernando Carreño Sayago⁸⁶

Adolfo León Agatón^{**}

RESUMEN

Los beneficios de la recolección de aguas lluvias se puede observar en la reducción de costos en el uso del agua tratada de diferentes tratamientos en acueductos, puesto que la demanda de agua para algunas actividades puede verse reducida por el uso alternativo de las aguas lluvias captadas.

En la Fundación Universitaria Los Libertadores ubicada en Bogotá se investigó sobre un modelo costo beneficio a la hora de establecer la viabilidad en la recolección de las aguas lluvias. las variables que posee el modelo son: cantidad de agua potable utilizada en lavado de pisos y baños que se utiliza en la universidad, esta se cuantifico de manera precisa y estableciendo visitas periódicas y cálculos de esta variable; cantidad de agua lluvia que cae en el sector de la universidad, esta se determinó por los regímenes hídricos y estableciendo las áreas susceptibles de recepción del agua lluvia; costos del agua potable a través de recibos de acueducto de Bogotá dc. Con estas variables se determinó la viabilidad económica a la hora de recolectar aguas lluvias. Arrojando como resultado una viabilidad desde el punto de vista económico y ambiental.

Palabras clave: recolección de aguas lluvias, modelo económico, costo beneficio

ABSTRACT

The benefits of rainwater harvesting are able to observe in cost reduction in the use of treated water of different treatments on aqueducts, since water demand for some activities may be reduced by the alternative use of rainwater captured. University foundation in Los Libertadores located in Bogotá was investigated on a cost benefit in establishing the viability of rainwater harvesting model. The variables having the model are: number of drinking water used in washing floors and bathrooms used in college, this is precisely quantified and establishing regular visits and calculations of this variable; amount of rain water that falls on the university sector, this was determined by water regimes and establishing areas for reception of rain water; cost of drinking water through pipeline receipts of Bogotá. With these variables the economic viability at the time of collecting rainwater was determined. Shedding results in feasibility from an economic and environmental perspective.

Keywords: rainwater collection, economic model, cost-benefit

* Fecha de recepción Enero 11 de 2014 y fecha de aceptación Mayo 19 de 2014

86 ufcarrenos@libertadores.edu.co

** aleona@libertadores.edu.co

Introducción

La superficie de la tierra está compuesta por 70% de agua y el 30 % es tierra firme, así como este 70 % está compuesta por el 97.5% de agua salada y tan solo el 2.5% por agua dulce, sin embargo el 69.7% del agua es congelada en los polos esto demuestra que cada vez el planeta se está quedando escaso del recurso hídrico ya que el 2.5% es agua dulce para uso de los seres vivos, y el ser humano está generando una demanda peligrosa de este recurso valioso, puesto que ponen en peligro la disponibilidad de este recurso para diferentes actividades que presentan el significativo uso de agua. Por este motivo la recolección de las aguas lluvias se ha convertido en una opción viable a la hora de concretar medidas satisfactorias para el cuidado de los ecosistemas acuáticos. (Guisi et al., 2009).

Hoy en día se tiene el aprovechamiento del agua lluvia como fuente potencial de agua en las ciudades (Hatt & Fletcher, 2006), en especial en países en desarrollo, el aprovechamiento de aguas lluvias se ha convertido, en los últimos años, en una alternativa interesante, debida, principalmente, al bajo costo.

También existen otros componentes adicionales, como el interceptor de las primeras aguas, el sistema de distribución por gravedad o por bombeo y el tratamiento (Water Texas Development Board , 2005); también la calidad y el uso que se le quiere dar (Mitchell et al, 2008) y la determinación del volumen de almacenamiento que debe ser descrito claramente y se determina a partir de la diferencia entre la oferta acumulada y demanda aculada (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria , 2003);

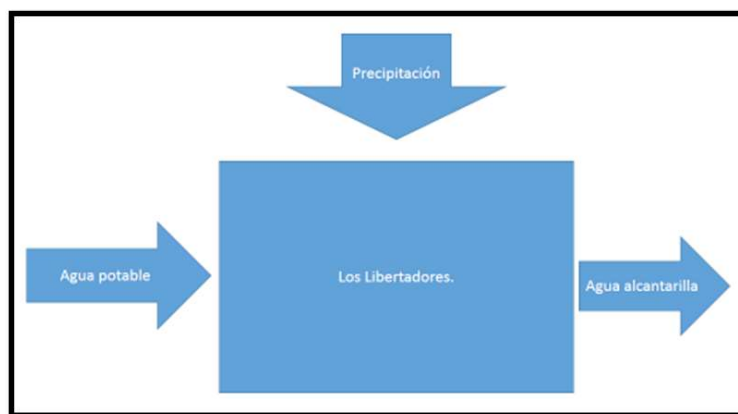
Los beneficios de la recolección de aguas lluvias se puede observar en la reducción de costos en el uso del agua tratada de diferentes tratamientos en acueductos, puesto que la demanda de agua para algunas actividades puede verse reducida por el uso alternativo de las aguas lluvias captadas, el medio ambiente se ve beneficiado dado que la captación de aguas lluvias para uso doméstico puede reducir el efecto de inundaciones en época de invierno, esto mejora la calidad de vida de no solo de un ecosistema sino también de la población cercana a diferentes masas hídricas que pueden generar riesgos potenciales de inundación a estas zonas, para poblaciones rurales esta recolección de agua lluvias es importante puesto que dan uso tanto doméstico como ganadero, avícola entre otras. Así como el uso de aguas lluvias en temporadas de aridez para aumentar la calidad de vida y de servicios que requieran del recurso hídrico (carreño y león, 2014).

En colombia específicamente, el almacenamiento y uso de las aguas lluvias se ha implementado principalmente en las regiones con problemas de abastecimiento de agua potable para consumo doméstico, como lo son bocana (buenaventura) (sánchez & caicedo, 2004), el choco, san andrés y otros más, de los cuales son implementados en forma empírica (castañeda, 2010).

En la Fundación Universitaria Los Libertadores ubicada en bogotá se investigó sobre un modelo costo beneficio a la hora de establecer la viabilidad en la recolección de las aguas lluvias. Las variables que posee el modelo son: cantidad de agua potable utilizada en lavado de pisos y baños que se utiliza en la universidad; cantidad de agua lluvia que cae en el sector de la universidad; costos del agua potable a través de recibos. Con estas variables se determinó la viabilidad económica a la hora de recolectar aguas lluvias.

Metodología

Ilustración 1. Situación actual



En la ilustración anterior se puede apreciar la situación actual de la universidad, donde el agua potable del acueducto es totalmente utilizada para todas las necesidades, incluyendo los diferentes lavados y la utilización en los baños. también se puede apreciar el agua lluvia que cae está siendo mal aprovechada ya que no se utiliza para ninguna labor ocasionando problemas de inundaciones etc.

Para establecer el consumo de agua tratada en la Fundación Universitaria Los Libertadores, se procedió a cuantificar el agua utilizada para el lavado de pisos, paredes etc y la de los diferentes baños y orinales. Además se procedió a establecer la cantidad de agua lluvia que cae en el sector y se estableció los costos de las aguas tratadas.

Consumo de agua potable

El consumo de agua fue cuantificado a través de las diferentes visitas en las áreas de lavado con el personal de aseo en todos los sectores de las sedes evaluadas, por lo tanto se implementó el formato de la tabla 1 de toma de datos. las personas encargadas del aseo utilizan un balde estándar con capacidad de (10 litros de capacidad), también se cuantifico el consumo de agua para las diferentes actividades de aseo.

Estas actividades corresponden a el lavado de las zonas que tenga a cargo el personal de piso, estas áreas comunes son de uso público o estudiantil, como también se encontró baños privados para los funcionarios, lo cuales se pueden encontrar en la sede bolívar sexto piso presidencia y pos- grados.

Consumo de agua potable en sanitarios y orinales

Teniendo en cuenta que la evaluación e investigación del consumo de agua en el proceso de lavado es importante, va relacionado con la obtención de la utilización de agua potable en baños y orinales usando como herramienta la aplicación de una encuesta, donde participo toda la comunidad estudiantil y directiva.

Como parte de la investigación, se debe tener en cuenta el consumo de baños y orinales por parte de la comunidad estudiantil y personal administrativo, que con mayor frecuencia usan los baños disponibles en las diferentes sedes. Para cumplir con este propósito se recurrió a la aplicación de una encuesta al total de las personas que utilizan los baños en la universidad de un total de 10.773, en la que es equivalente casi al 100 % de estudiantes y directiva en las diferentes jornadas y sedes principales (bolívar, caldas y santander).

Cantidad de aguas lluvias

En esta sección se estableció la cantidad de agua lluvia susceptible de ser captada en la zona de chapinero, específicamente en la universidad Fundación Universitaria Los Libertadores basados en los datos históricos de la cartografía.

En la ilustración 2 se puede apreciar la distancia sobre los puntos de radio para graficar la cobertura circular de las estaciones, fue tomada con el uso del software google earth 2013, donde su aplicación de la herramienta rutas permite medir la distancia entre dos puntos en km y /o diferentes unidades de medida superficiales.

Ilustración 2 mapa de cobertura de la estación adquirida de la CAR



La estación mostrada en la imagen es:
(Información de 2008 hasta el 2013) estado de la estación: activa

Esta estación se encuentra cerca de la zona de estudio (Fundación Universitaria Los Libertadores), por lo cual según el formato entregado por el car (muestra la dirección donde se encuentran la estación), presentan datos desde 2008 en la zona. se puede observar gran cobertura con un radio de 10 km de radio a la ubicación de la estación hidrológica.

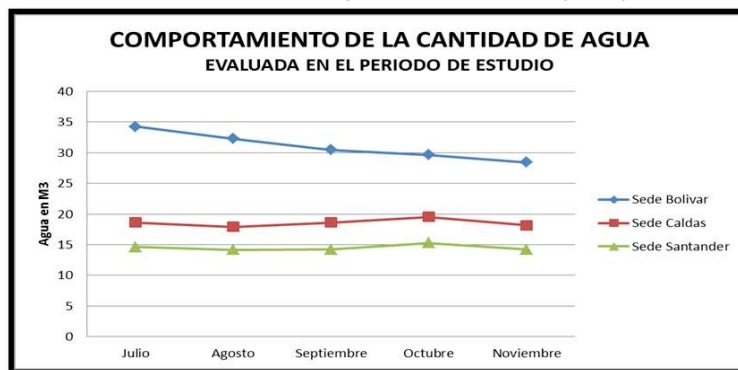
Resultados y discusiones

Consumo de agua potable en diferentes lavados

En la siguiente ilustración se refleja la cantidad de agua potable que se utiliza en lavados de pisos en las diferentes sedes evaluadas de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

Ilustración 3. Consumo general de las sedes principales



En el periodo de estudio se puede ver los diferentes consumos de agua para el lavado de pisos, donde la sede bolívar sigue siendo el factor imperativo de riesgo en el consumo de agua significativo en estas actividades, en algunos procesos de lavado se presentan consumo de agua no cuantificable puesto que representan un mínimo del consumo.

El comportamiento de cada sede durante el estudio realizado sobre el consumo de agua potable en actividades de aseo, se representa con los siguientes datos encontrados en la evaluación:

Tabla 1. Consumo total de agua en metros cúbicos

Periodo/sedes	Sede bolívar	Sede caldas	Sede santander	Total
Julio	31,63	17,31	13,54	62,48
Agosto	32,26	17,92	14,15	64,33
Septiembre	30,45	18,62	14,24	63,31
Octubre	29,62	19,54	15,27	64,43
Noviembre	28,42	18,17	14,24	60,83
Promedio				60 m³

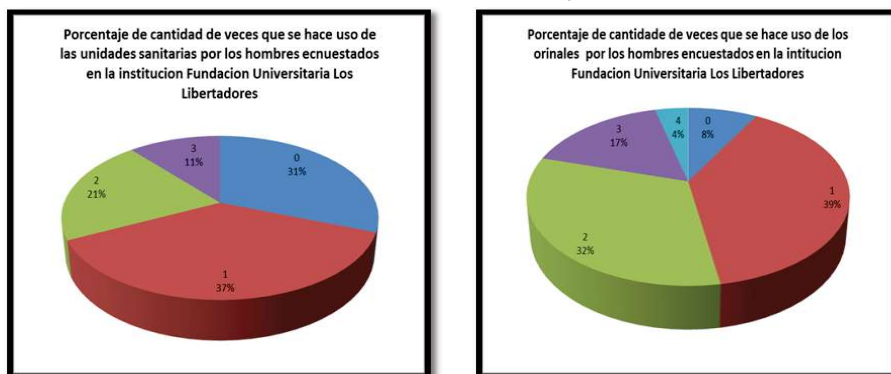
Según estos resultados la sede bolívar de la universidad gasta más agua potable que las otras dos, siendo esta sede la más susceptible para implementar un sistema de aguas lluvias para el posible reemplazo. Se utilizan en total 60 m³ al mes en las labores de aseo en la universidad.

Consumo de agua potable en baños

Para cuantificar el uso de agua potable en los baños de la universidad se estableció una encuesta, se encontró un promedio diario de utilización de agua teniendo en cuenta el dato de consumo de agua por orinal y por baño. Donde se pudo saber que la descarga de la unidad sanitaria y orinales es de 2 litros y 1 litros respectivamente, datos suministrados por el departamento de logística y mantenimiento de la institución.

A continuación se puede observar los resultados de la encuesta anteriormente descrita:

Ilustración 3. Resultados en la encuesta de hombres en uso de unidades sanitarias y orinales



Dónde:

- Por lo menos una vez hace uso de unidades sanitarias y/o orinales.
- Por lo menos dos veces hace uso de las unidades sanitarias y/o orinales.
- Por lo menos tres veces hace uso de las unidades sanitarias y/o orinales.
- Por lo menos cuatro veces hace uso de las unidades sanitarias y/o orinales.
- No hace uso ni de unidades sanitarias y/o orinales.

Se puede observar que la población masculina hace uso de las unidades sanitarias en un 37%, lo cual representa una población de 1000 hombres que van por lo menos una vez al sanitario en las dos diferentes jornadas (nocturna y diurna), a su vez esta población encuestada muestra un uso de orinales del 39%, que está caracterizada por una población de 1020 hombres, dado esto se puede observar que 1532 (58%) hombres hacen uso del sanitario y del orinal en ambas jornadas estudiantiles de la universidad. esto indica que en gran mayoría la población encuestada hace usos de las respectivas unidades sanitarias y orinales que tiene la institución educativa en sus diferentes sedes principales (Bolívar, Caldas y Santander). la población también muestra que el 31 % lo que corresponde a 1324 hombres que no hace uso de las unidades sanitarias en las jornadas evaluadas y un 8% representado por 223 hombres de los encuestado no hacen uso del orinal. a continuación se observar el porcentaje de uso en unidades sanitarias por parte del personal femenino:

Ilustración 4. Resultados en la encuesta de las mujeres encuestadas



Dónde:

- Por lo menos una vez hace uso de unidades sanitarias.
- Por lo menos dos veces hace uso de las unidades sanitarias.
- Por lo menos tres veces hace uso de las unidades sanitarias
- Por lo menos cuatro veces hace uso de las unidades sanitarias.
- No hace uso ni de unidades sanitarias.

El 43% de la mujeres encuestadas representada por 1115 mujeres van por lo menos 1 vez a hacer uso de la unidades sanitarias en la institución, el 33% de la población femenina encuestada constituida por 1325 mujeres, hace uso dos veces de los sanitarios, con lo cual se puede observar que el 76% de la población la cual se ve reflejada por 2015 mujeres hacen uso por lo menos dos veces de los sanitarios de manera significativa en su jornada estudiantil (nocturna y diurna), es también observable que solo el 20% de las mujeres encuestadas van de 3 a 4 veces al baño, además de esto solo el 4% de las mujeres encuestadas ponderadas en 101 mujeres encuestadas no hacen uso de las unidades sanitarias.

El promedio de consumo de agua por persona o alumno que entra al baño en cualquiera de las sedes estudiadas (bolívar, caldas y santander), es de 3,81 litros, donde se analizaron los datos por medio de un promedio aritmético dado la discreción de los datos con una desviación estándar de 0,00373648 litros y un coeficiente de variación de 36%.

Para obtener el dato de consumo de agua potable se multiplico el número de alumnos que entran a las sedes a diario por el consumo promedio 3,81 litros de agua potable en los baños.

Tabla 2. Resumen consumo en sanitarios

Sede	# Alumnos	Cantidad m diario	Cantidad m3 mensual
Bolívar	1800	6,858	171,45
Santander	940	3,5814	89,535
Caldas	720	2,9718	74,295
Cantidad total			335,28

Se puede apreciar la cantidad de agua que se necesita para suplir las necesidades de los baños en la universidad. para la sede bolívar se necesitan casi el doble que las otras dos sedes. la cantidad de agua que se utiliza en promedio mensual en los sanitarios es de 335, 2 m3.

Cantidad de aguas lluvias

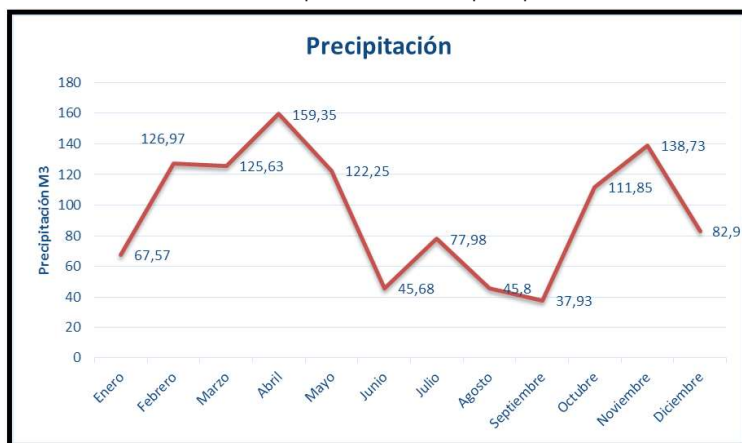
A continuación se muestra los datos históricos de las precipitaciones para los años comprendidos desde 2010 al 2013 según los datos suministrados por la car, con su respectivo promedio aritmético.

Tabla 3 datos históricos de precipitación CAR

mes / año	2010	2011	2012	2013	promedio
Enero	88,4	102,4	88,4	11,9	67,57
Febrero	69,7	170,4	69,7	140,8	126,97
Marzo	151,9	148,2	151,9	76,8	125,63
Abril	84,2	222,6	165,7	164,9	159,35
Mayo	161,4	182,5	30,2	114,9	122,25
Junio	61,3	54,5	39,3	27,6	45,68
Julio	117	67,1	84,2	43,6	77,98
Agosto	34,8	44,8	64,8	38,8	45,80
Septiembre	40,3	54,3	19,8	37,3	37,93
Octubre	83,4	154,7	139,7	69,6	111,85
Noviembre	179,7	156	87,2	132	138,73
Diciembre	75,8	115,2	76,7	63,9	82,90

A continuación se muestra el comportamiento de las precipitaciones promedio tomadas en cuenta para este estudio:

Ilustración 5 comportamiento de precipitaciones



En esta ilustración se observa que los meses más lluviosos en la capital son: abril, febrero y noviembre con 159.35, 126.97 y 138.73 mm respectivamente, y los meses más secos son junio, agosto y septiembre con 45,68, 45,8 y 37.93 mm respectivamente, cabe aclarar que cada mm interpretado en la gráfica equivale a una lámina de 1 mm de altura por cada m² en la superficie, es decir, equivale a 0,001 m³.

En la siguiente tabla encontramos el valor de las áreas de cada una de las sedes estudiadas, calculada por medio de los planos suministrados por el área de planeación de cada una de las sedes.

Tabla 4. Áreas superficiales

Bolívar	2350	m ²
Caldas	1405	m ²
Santander	1122	m ²

Con esta tabla podemos calcular la cantidad de agua lluvia que se podría captar en todas las instalaciones de las sedes en estudio (bolívar, santander y caldas), para hacer un comparativo entre la oferta (precipitación) y la demanda de la posible agua a reemplazar (agua de sanitarios, orinales y lavados), sabiendo que las unidades de precipitación están dadas en 1 mm por metro cuadrado, es decir un volumen de 1 l o 0.001 m³.

La tabla 5 muestra la relación entre el valor de precipitación y el área de cada sede estudiada, dando como resultado cuantitativo del agua lluvia que se podría captar para la posible implementación de un sistema de aguas lluvia en la Fundación Universitaria Los Libertadores. Las tres sedes estudiadas reciben la suficiente cantidad de agua lluvia para implementar un modelo de captación de este tipo de agua. Las superficies de los techos se acomodan a este tipo de recolección, siendo desde el punto de vista de la cantidad de agua precipitada viable a la hora de suplir las necesidades de este recurso. Siendo la precipitación promedio de 464, 38 m³ que cae en la universidad.

Tabla 5. Resumen de precipitaciones

Mes	Precipitación promedio por meses	Agua lluvia m3			
		Bolívar	Santander	Caldas	Total m³
Enero	67,57	158,7895	94,93585	75,81354	329,5389
Febrero	126,97	298,3795	178,39285	142,4603	619,2327
Marzo	125,63	295,2305	176,51015	140,9569	612,6975
Abril	159,35	374,4725	223,88675	178,7907	777,15
Mayo	122,25	287,2875	171,76125	137,1645	596,2133
Junio	45,68	107,348	64,1804	51,25296	222,7814
Julio	77,98	183,253	109,5619	87,49356	380,3085
Agosto	45,8	107,63	64,349	51,3876	223,3666
Septiembre	37,93	89,1355	53,29165	42,55746	184,9846
Octubre	111,85	262,8475	157,14925	125,4957	545,4925
Noviembre	138,73	326,0155	194,91565	155,6551	676,5862
Diciembre	82,9	194,815	116,4745	93,0138	404,3033
Promedio					464,387958

Costos del agua potable en la universidad

A través de los diferentes recibos del agua de la universidad, se estableció la demanda total de agua potable.

Tabla 6. Resumen recibos acueducto s. a

universidad	m³	costos (pesos)
ago-sep	560	\$ 1.357.429
jul-ago	672	\$ 1.628.915
jun-jul	445	\$ 1.078.671
may-jun	662	\$ 1.604.675
abr-may	948	\$ 2.297.933
mar-abr	640	\$ 1.551.347
feb-mar	521	\$ 1.262.894
ene-feb	612	\$ 1.483.476
promedio	632	\$ 1.533.168

632 m³ son en total de agua que se necesita para suplir todas las actividades en la que se necesita de este líquido, constando un total de 1.533.168 pesos.

Con estos datos se analizó el posible costo de ahorro que tendría la institución, con el uso la siguiente ecuación:

$$Ca = Pp * Cm^3$$

$$pp = 464 m^3 m^3.$$

$$Cm^3 Cm^3 = \$ 1533168 \text{ por } m^3 m^3 \text{ (valor facturado en el acueducto s.a)}$$

$$Ca = 464 m^3 * \frac{1.533.168 \$}{m^3}$$

$$Ca = Ca = \$ \$ 711.984.525$$

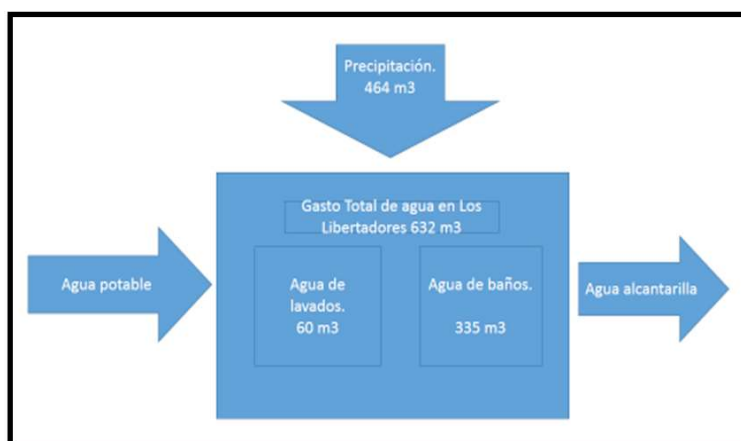
Tabla7. Resumen de costos

Mes	Oferta precipitaciones	Costo de ahorro
Enero	329,5389	\$ 798.795,70
Febrero	619,2327	\$ 1.501.007,68
Marzo	612,6975	\$ 1.485.166,49
Abril	777,15	\$ 1.883.796,06
Mayo	596,2133	\$ 1.445.209,11
Junio	222,7814	\$ 540.017,66
Julio	380,3085	\$ 921.860,20
Agosto	223,3666	\$ 541.436,17
Septiembre	184,9846	\$ 448.398,97
Octubre	545,4925	\$ 1.322.262,91
Noviembre	676,5862	\$ 1.640.031,42
Diciembre	404,3033	\$ 980.023,11

La tabla anterior muestra un ahorro significativo en los costos de facturación de los recibos del acueducto s.a en la institución de educación superior Fundación Universitaria Los Libertadores.

Conclusiones

Ilustración 6 establecimiento de las variables del modelo económico.



Determinando varias variables se puede concluir que el proyecto para recolectar agua lluvia en la institución universitaria los libertadores es viable desde el punto de vista económico y técnico. el gasto total de agua potable de la institución es de 632 m³ siendo casi un 50% del agua de los baños y un 10% del agua de lavado. se puede apreciar que se podrían recoger un total de 464 m³ de agua lluvia supliendo en la gran mayoría el agua de los baños y del lavado.

Recomendaciones y análisis de resultados

Fundación universitaria los libertadores representa el 10% del consumo de agua el proceso de lavado en las sedes contempladas, esto se debe a la alta concurrencia de personal de las diferentes facultades. se recomienda concientizar al personal con campañas del uso racional del agua, como fuente de estabilidad ambiental primordial, dando énfasis del uso del recurso hídrico en cualquier actividad.

El consumo de agua en descargas de sanitarios y orinales es significativo presentando 3,814 $M^3 M^3$ de agua, donde se pudo hacer evidente que el promedio de uso de agua es 3,81 l o 0,00381 $M^3 M^3$ por persona cuando ingresa a los baños hacer uso de orinales o inodoros.

La cantidad de captación de agua lluvia por parte de las precipitación en la zona de chapinero, satisface significativamente la demanda del agua mal utilizada (agua sanitarios, orinales y lavados), con el fin de generar una conciencia de la implementación de estos sistemas

Se concluyó que la institución cuenta con una superficie lo bastante amplia para poder satisfacer una parte significativa de la demanda de agua mal utilizada por medio de la recolección de aguas lluvias.

Se determinó que el posible ahorro por parte de la captación de agua lluvia puede generar un costo representativo en meses como febrero, abril y noviembre.

En una siguiente fase se establecerá la viabilidad desde el punto de vista estructural para así implementar en una tercera fase el proyecto de recolección de aguas lluvias.

Bibliografía

- CARREÑO U., LEÓN A. (2014). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. Revista tecnura.
- CASTAÑEDA, N. (2010). propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institucion maria auxiliadora de caldas. 12-46.
- GUISI ET AL., (2009). rainwater harvesting in petrol stations in brasil.
- hatt, b., & fletcher, t. (2006). a review of integrated storm water treatment re-use in australia. 102-113.
- LÓPEZ ET AL. (2009). captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias a través de culatas de edificios en medellín, colombia."
- MITCHELL ET AL. (2008). urban stormwater harvesting- sensitivity of a storage behaviour model. environ.modelling & software (holanda). 782-793.
- WATER TEXAS DEVELOPMENT BOARD . (2005). the texas manual on raiwater harvesting. development. 88.