

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DESCARGA DE SANITARIOS Y ORINALES DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL EN LAS SEDES BOLÍVAR, CALDAS Y SANTANDER DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.

YENITH PATRICIA MARIÑO RIVERA

Director
Adolfo León Agatón
Ingeniero Industrial

FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTA
2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
TITULO.....	7
RESUMEN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. JUSTIFICACION.....	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo General	18
3.2. Objetivos Específicos.....	18
4. INTRODUCCIÓN.....	19
5. ESTADO DEL ARTE.....	20
5.1. Captación:.....	20
5.2. Recolección y conducción:.....	20
5.3. Interceptor de primeras aguas:	21
5.4. Almacenamiento:	21
5.5. Tratamiento (Filtración):	21
5.6. Red de distribución y bombeo:.....	22
5.7. Factor Técnico y Económico:	22
5.8. Ventajas y desventajas:.....	23
6. METODOLOGIA	24
6.1. Identificación de los factores externos e internos involucrados en la parametrización del diseño del sistema de aguas lluvia. (Factor técnico y económico)	24
7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	27
7.1. Precipitación promedio diario.	27
7.2. Demanda diaria, oferta diaria, Demanda diaria acumulada, oferta diaria acumulada y volumen de almacenamiento.	27
7.3. Costo de ahorro por la utilización del agua de lluvia.	29
7.4. Tanque interceptor de primeras aguas, tanque recolector de aguas limpias y tanque de almacenamiento de aguas tratadas.	30
7.5. Red de distribucion y bombeo	31
7.6. Captación y canalización.....	35
7.7. Costo, Valor del proyecto.....	35

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38
ANEXOS.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Dinámica sobre la distribución global del agua.	10
Figura 2 Relación entre la disponibilidad del agua y la población.	11
Figura 3.Escasez física y/o económica de agua a nivel mundial.....	12
Figura 4.Abastecimiento de Agua potable en la subregión América del sur (%)	12
Figura 5. Demanda Hídrica nacional	14
Figura 6.Localización espacial de Bogotá D.C en Colombia.....	16
Figura 7.Esquema, sistema de aprovechamiento de aguas lluvia.....	23
Figura 8.Días de mayor precipitación promedio en el mes para una evaluación de 13 años.....	27
Figura 9. Presentación general de los datos obtenidos en el cálculo de la demanda y la oferta diaria en un periodo anual.	28
Figura 10. Proporción en la que la oferta de aguas lluvia cubre la demanda diaria en un periodo anual.	28
Figura 11. Valores de los volúmenes V_i en la que se observa la interacción que hay entre la oferta y la demanda.	29

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Demanda hídrica nacional.....	13
Tabla 1. Cálculos a utilizar para la determinación de la oferta y la demanda y el costo de ahorro.	26
Tabla 2. resultado de la obtencion del tanque y porcentaje de ahorro acumulado en un año.....	28
Tabla 3.Potencial de ahorro para un periodo anual.....	29
Tabla 4. Especificaciones de las dimensiones de los tanques de recolección y almacenamiento.	30
Tabla 5. Tramos sede Caldas.	32
Tabla 6. Tramos sede Santander.	33
Tabla 7.Tramos sede Bolívar.	34
Tabla 8. Carga total de las bombas en watts y horse powers para las sedes Caldas Bolívar y Santander.....	35
Tabla 9. Presupuesto aproximado para el aprovechamiento de agua lluvia. ...	36

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1. Flujo de aguas lluvias desde la canalización hasta su distribución. ...	41
Anexo 2. Plano sedes Caldas Bolívar y Santander 1 piso.	42
Anexo 3. Plano sedes Caldas Bolívar y Santander 2 piso.	43
Anexo 4. Planos Sedes Caldas Bolívar y Santander 3 piso	44
Anexo 5. Planos sedes Bolívar Caldas y Santander 4 piso.....	45
Anexo 6. Plano sedes Bolívar caldas y Santander 5 piso	46
Anexo 7. Plano sedes Bolívar caldas y Santander 6 piso.	47
Anexo 8. Plano Planta área bajo cubierta y corte 1 Santander	48
Anexo 9. Cubiertas útiles sede Bolívar. (Medidas tomadas de planos en medio físico).....	49
Anexo 10. Altura entre pisos para las tres sedes. (Medidas tomados sobre planos físicos).	50

TITULO

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA DESCARGA DE SANITARIOS Y ORINALES DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL EN LAS SEDES BOLÍVAR, CALDAS Y SANTANDER DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.

PROPOSED DESIGN OF A RAINWATER HARVESTING SYSTEM FOR FLUSHING TOILETS AND URINALS IN BOLIVAR, CALDAS AND SANTANDER HEADQUARTERS OF THE LIBERTADORES UNIVERSITY FOUNDATION.

RESUMEN

Se plantea una propuesta teórica sobre el diseño de un sistema de aguas lluvia para usarla únicamente en descargas sanitarias utilizadas por la comunidad estudiantil para la fundación universitaria los Libertadores, de la cual solo se tomaran tres sedes del total del claustro universitario. En la propuesta se muestra un aproximado sobre la viabilidad técnica y económica mediante el estudio de: precipitaciones (oferta), la población estudiantil (demanda), el ahorro anual por la captación del agua de lluvia, la estimación de los costos en la implementación y el tiempo de recuperación en la inversión.

Se demuestra que la oferta hídrica no cubre en su totalidad la demanda diaria por lo que se recomienda reducir la demanda omitiendo una de la sedes seleccionadas de esta manera se reduce costos en la construcción y se satisface la demanda.

Palabras Clave: Aprovechamiento de aguas lluvia, captación de aguas lluvia, precipitaciones, sistemas sostenibles.

ABSTRACT

It is proposed a design of a system of rainwater for use only in sanitary discharges used by the student community for the Libertadores university foundation, of which only three locations of all of the faculty were taken. The proposed shows an approximation on the technical and economic feasibility by the study of: precipitation (supply), the student population (demand), the annual savings by capturing rainwater, the estimated costs of implementation and recovery time investment.

It is shown that the water supply does not fully cover the daily needs, so it is recommended to reduce demand by omitting one of the sites selected in this way the costs are reduced in construction and the demand is satisfied.

Key words: capture rainwater, harvesting rainwater, rainfall, sustainable systems,

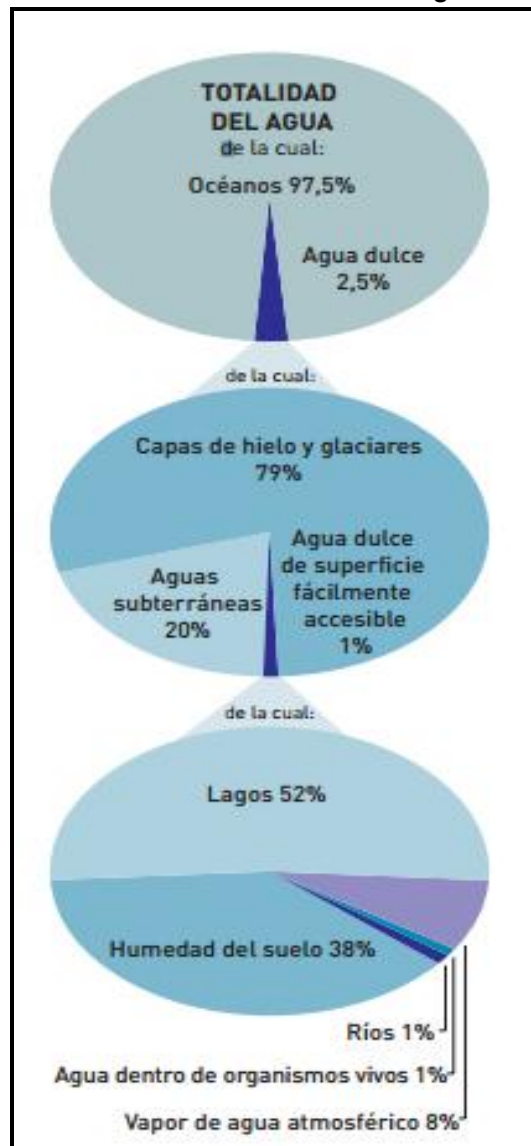
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso hídrico natural fuente de vida. Este preciado líquido, lo encontramos en el 70% de la superficie de la tierra. (PNUMA, 2007), distribuidos en diferentes lugares y formas, como en ríos mares y glaciares. De Este 70% tan solo el 2.5% del agua es consumible. De dicha cantidad, aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas. (UNESCO, 2003) y solo el 0.007% aproximadamente se encuentra disponible en lagos, ríos, represas y fuentes subterráneas poco profundas, reabastecidos por los procesos de evaporación y precipitación, y fácilmente disponible para uso de los seres humanos. (UNEP, 2008). En la Figura 1. Se observa la dinámica sobre la distribución global del agua.

Al igual que muchos otros recursos naturales, el agua es sobre explotada, en gran medida, por la actividad del hombre que la utiliza además de sus necesidades primarias como lo es limpieza y alimentación, para agricultura y procesos industriales. Actualmente el 70% del agua fresca en el mundo se utiliza para producir alimentos y fibra. (PNUMA, 2007). Cifra significativa si se tiene en cuenta que esa cantidad de agua se utiliza solo para este tipo de actividad. Este fenómeno ha crecido conforme el aumento de la población. Según la UNESCO, en un informe realizado en 1997 entre 1950 y 1990, la población mundial se incrementó en un 110% y pasó de 2,513 millones a 5,289 millones, de los cuales 2,389 millones corresponden a los habitantes urbanos. Durante las mismas cuatro décadas, la población urbana en países industrializados se incrementó de 448 millones (que representaban el 53.8% de la población mundial) a 875 millones (72.6%); mientras que en países en vías de desarrollo, la población urbana aumentó de 286 millones (17%) a 1,514 millones de habitantes (37.1%). (FUSDA, 2008).

Además del consumo desmedido, de las consecuencias de los desastres naturales y secuelas de los efectos del cambio climático, por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. Unos 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas). Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1.500 km³. Asumiendo que un litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce, la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50% de la Población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas. (UNESCO, 2003).

Figura 1. Dinámica sobre la distribución global del agua.

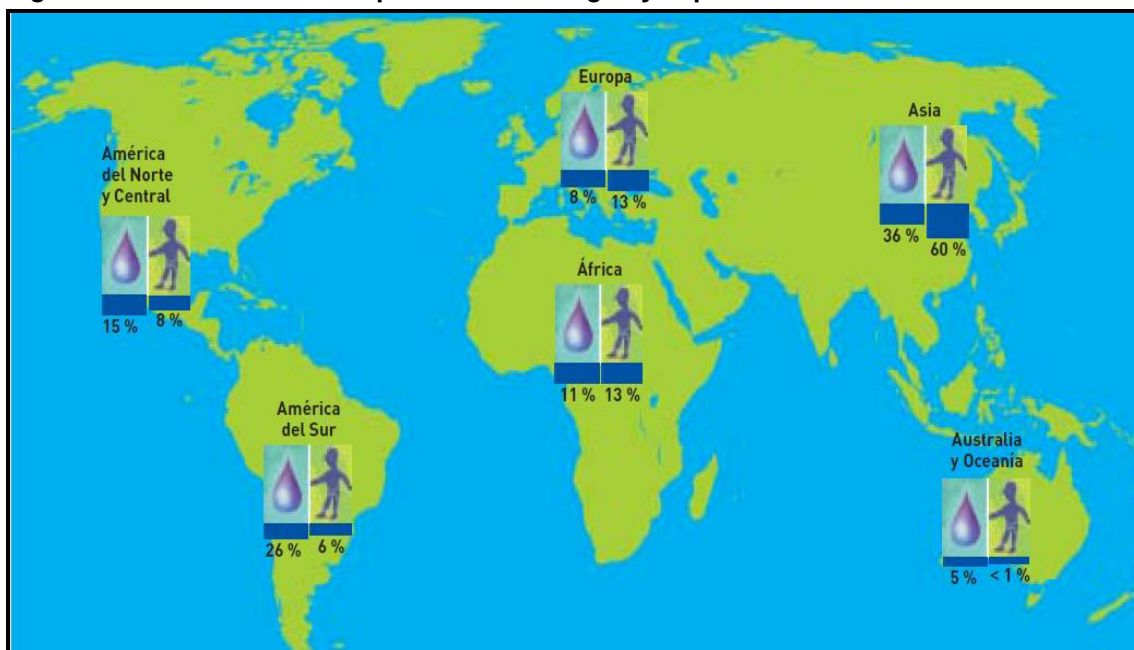


Fuente: (UNEP, 2008)

La disminución de agua dulce en adecuada calidad y cantidad es otro gran problema que está surgiendo de forma crítica que debe enfrentar la humanidad, se está extrayendo aguas de ríos, lagos y acuíferos más rápidamente de lo que demoran en renovarse los cuerpos de agua. (PNUMA, 2007). Se estima que 20% de los acuíferos del mundo están sobre explotados. (UNESCO, 2014). En las regiones en la que abunda el agua, con frecuencia se despilfarra: es contaminada, malgastada y explotada en exceso. Entretanto, la población en constante aumento, junto con los hábitos de consumo cada vez más sedientos, están estirando aún más el uso de este recurso infinito. (PNUMA, 2008). En la Figura 2. Se observa la relación de la disponibilidad global versus la población que subraya las disparidades continentales. Se puede ver que en América del Sur se ejerce la menor presión hídrica, debido a que contiene la mayor cantidad de agua dulce en contraste con su población equivalente al

6%, Si se compara con el continente Asiático que alberga más del 50% de la población con tan solo el 36% de la oferta hídrica mundial.

Figura 2 Relación entre la disponibilidad del agua y la población.



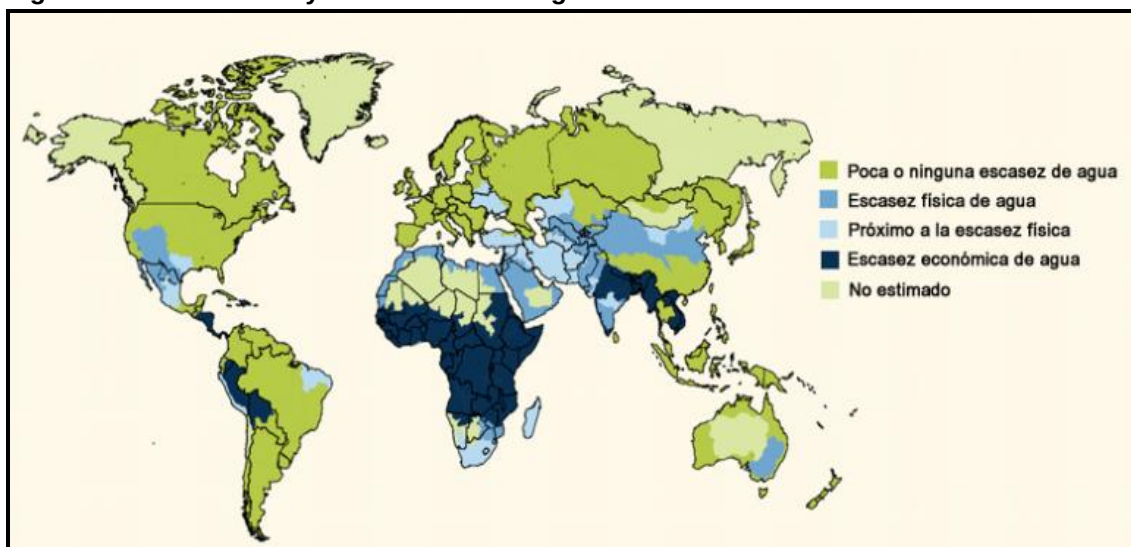
Fuente: Sitio Web de UNESCO-PHI / Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe. (UNESCO, 2003).

La escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de **1.200 millones** de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos. (PNUD, 2005)

De una manera más cercana, en la Figura 3. Escasez física y/o económica de agua a nivel mundial, se observa esta situación. Habitualmente, los hidrólogos miden la escasez de agua a través de la relación agua/población. Una zona experimentará estrés hídrico cuando su suministro anual de agua caiga por debajo de los 1.700 m³ por persona. Cuando ese mismo suministro anual cae por debajo de los 1.000 m³ por persona, entonces se habla de escasez de agua. Y de escasez absoluta de agua cuando la tasa es menor a 500 m³. (ONU-DAES, 2014).

América Latina y Caribe (ALC) es básicamente una región húmeda, aunque se localizan algunas regiones muy áridas. El patrón del uso del agua en la región se puede describir como espacialmente esporádico y muy concentrado en relativamente pocas áreas. (UNESCO-WWAP, 2012). Según el Atlas de América Latina y el Caribe, CAZALAC. 2010.

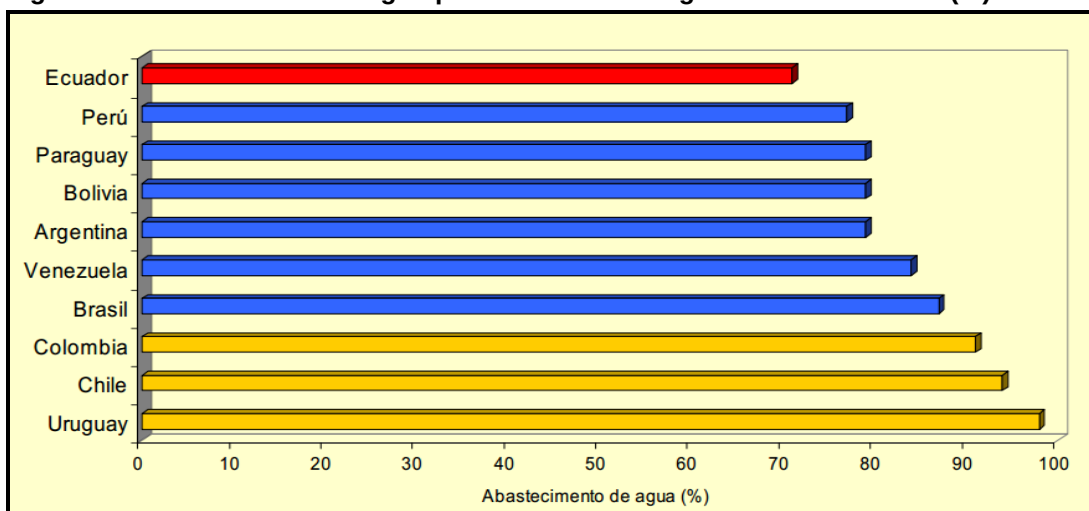
Figura 3. Escasez física y/o económica de agua a nivel mundial.



Fuente: informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), marzo de 2012. (ONU-DAES, 2014).

En América del sur, Colombia representa el 1% de las zonas Áridas y el 5% a nivel de América Latina y el Caribe. (Carduño, 2013). En la Figura 4. Se observa en porcentaje, el abastecimiento de agua potable total por país de la subregión de América del sur. Se puede ver que en general, los países superan el 70% del cubrimiento total. Colombia ocupa el tercer lugar con aproximadamente el 96% del abastecimiento total.

Figura 4. Abastecimiento de Agua potable en la subregión América del sur (%)



Fuente: (Carduño., 2012)

Como se mencionó anteriormente sobre la región de ALC. De forma similar, la distribución geográfica en Colombia sobre el recurso hídrico no es homogénea, causando entonces, regiones con alto estrés hídrico. En un informe presentado por la Defensoría del Pueblo, se reveló que el 89% de los municipios y más de

la mitad de la población total del país afronta problemas en materia de abastecimiento de agua potable. La investigación también revela que hay más de 14 millones de habitantes que en estos momentos viven en sitios con índice de escasez que llegan a los niveles medio y alto. (DEFENSORIA DEL PUEBLO, 2009). Adicional a esto, se tiene que mas del 76% de la poblacion colombiana se asienta en áreas urbanas, y para el caso de América Latina y el Caribe este porcentaje sube a cerca del 80%.(GRUPO COMUNICACIONES - MADS, 2014). Que para tales efectos, la demanda hidrica se centra en dichos lugares. En la Figura 5. se observa este fenomeno. Tambien se observa que Bogotá es una de las partes en las que se presenta la mayor demanda respecto de los demas lugares del territorio Nacional, con un indice de 1000 millones de metros cubicos de la demanda hidrica total.

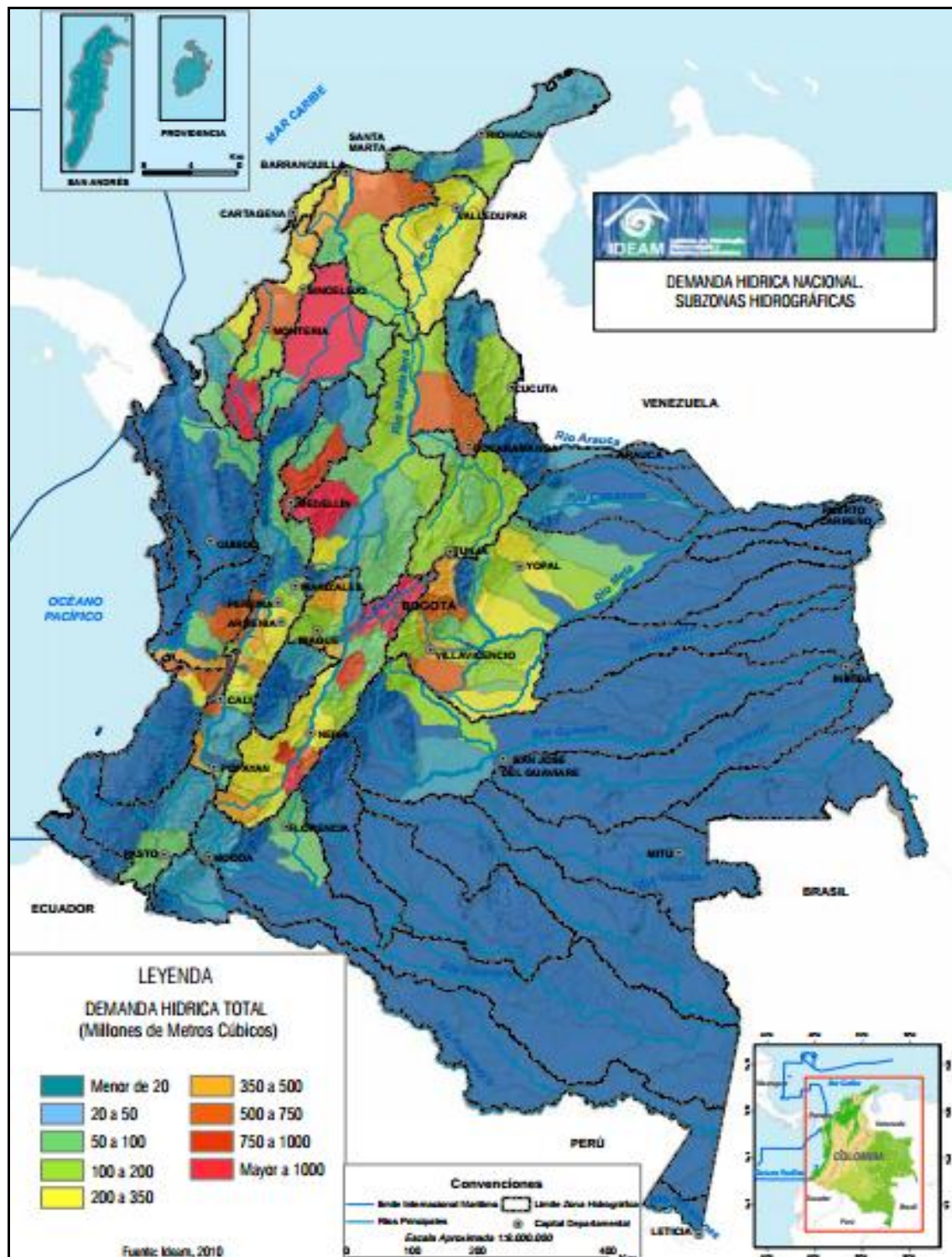
Para la estimacion presentada en la Figura 5. En el marco del estudio nacional del agua 2010 realizado por el IDEAM, se selecciono los sectores mas significativos mencionados en la Tabla 1. Que tambien muestra la demanda hidrica agregada total nacional, conforme a los sectores seleccionados, con inclusion del agua extraida no consumida; que es igual al agua utilizada por los ecosistemas y su respectiva participacion porcentual con respecto al total nacional.

Tabla 1. Demanda hídrica nacional.

Usos del agua	Total (Mm³)	Participación (%)
Servicios	528	1,5
Industria	1.577	4,4
Pecuario	2.220	6,2
Acuícola	2.584	7,2
Doméstico	2.606	7,3
Energía	6.976	19,4
Agrícola	19.386	54,0
Total	35.877	100

Fuente: (IDEAM, 2010)

Figura 5. Demanda Hídrica nacional



Fuente: (IDEAM, 2010)

De acuerdo al panorama general sobre la distribución de los colores observables en el mapa, las zonas en colores que oscilan entre los rangos de 350 a >1000 son menores, en comparación con los colores que oscilan entre

>20 a 350, es decir, que la demanda no es muy fuerte a nivel nacional. Y aunque, en Colombia los síntomas actuales de los cuerpos de agua aun no se igualan a los estados de los recursos hídricos en el panorama mundial, es evidente, que poco a poco, ante la ausencia de medidas correctivas futuras en la administración del agua y de la gestión de los recursos hídricos, nuestro país, podría ingresar a una situación muy difícil de superar hacia el año 2050. (IDEAM, 2008).

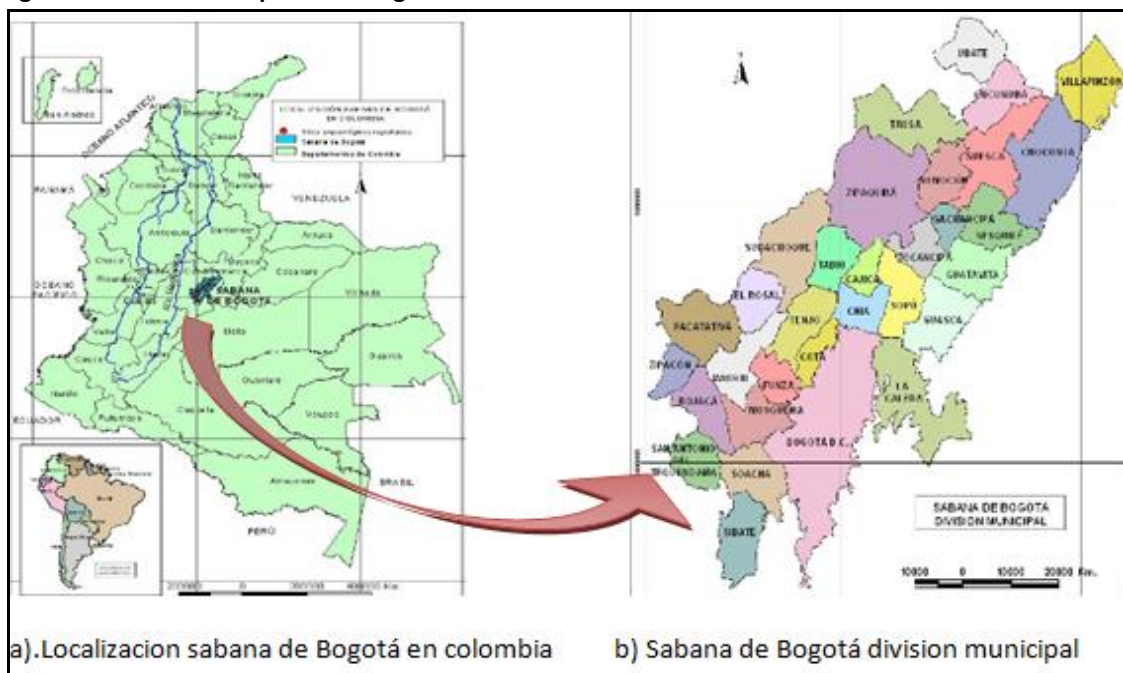
La región de la Sabana de Bogotá se ubica en el centro geográfico de Colombia (Sur América), sobre la Cordillera Oriental (Cordillera de los Andes) y forma parte del altiplano cundí-boyacense, comprendido por los departamentos de Cundinamarca y de Boyacá, región de asentamiento de los muiscas en la época prehispánica.(PAGINA WEB DE LA ICANH). Ver Figura 6. Numeral a). Con respecto a lo observado en la Figura 5. Y la Figura 6. Bogotá se encuentra ubicada en uno de los lugares que presenta grandes índices de demanda hídrica.

Bogotá, Distrito Capital, está localizada en una meseta de la cordillera Oriental de los Andes a una altura de 2.630 metros sobre el nivel del mar, y al sur oriente del departamento de Cundinamarca. Limita al norte con el municipio de Chía; al oriente con los cerros orientales y los municipios de la Calera, Choachi, Ubaque, Chipaque, Uña y Gutiérrez; al sur con los departamentos del Meta y Huila, y al occidente con el río Bogotá y los municipios de Cabrera, Venecia, San Bernardo, Arbeláez, Pasca, Sibate, Soacha, Mosquera, Funza y Cota. (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2008) Ver figura 6. Numeral b).

La capital cuenta con un sistema hídrico constituido principalmente por las cuencas; media del río Bogotá río Sumapaz y río Blanco, que en su paso por el perímetro urbano se van deteriorando y consumiendo afectando considerablemente la calidad de estas fuentes hídricas. Esto se debe principalmente a los desechos que se arrojan a los vertimientos dejados por el consumo humano, y las actividades económicas. Con el 17% de la población total de la nación (UNIVERSIDAD DISTRITAL), y los factores anteriormente mencionados; se ejercen sobre la capital presiones Ambientales que no logran soportar, adicional que el sistema de alcantarillado ni la capacidad de los ríos soportan las apocas invernales. Provocando inundaciones y racionamientos en la capital.

Por tanto es vital, que se tome medidas sobre el asunto que solucione o que contribuya a resolver el problema. Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua potable se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia, además que se han creado sistemas que hace posible su captación, almacenamiento, purificación y envase, tal y como lo ha demostrado el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados CIDECALLI-CP. (PNUMA, 2007)

Figura 6. Localización espacial de Bogotá D.C en Colombia



Fuente: Elaboración del autor. Las graficas a y b fueron tomadas de la pagina web del Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Estos tipos de sistemas, no son muy conocidos en el país, ya que básicamente Colombia cuenta con grandes recursos hídricos, y no se ve la necesidad ni la importancia de adoptar este tipo de sistemas, no hay consciencia ni cultura del reciclaje. Solo algunos lugares como centros comerciales y universidades como el centro comercial Calima y la Pontificia universidad Javeriana, ambos de Bogotá, ya están adoptando métodos y tecnologías implementados en otros países y/o hacen investigación para la creación de sistemas autosostenibles.

Es por estas causas entre otras que en la fundación universitaria los libertadores, un centro de educación superior, ubicada en la localidad chapinero en la ciudad de Bogotá, desea implementar un sistema de este tipo que permita aportar en la solución sobre los problemas de presión hídrica que se sufre actualmente y que como se mostró anteriormente, podría ser mayor en el futuro. El desarrollo de este proyecto está enmarcado en la búsqueda de una alternativa para el aprovechamiento de las aguas lluvias, basados en la estructura física de las tres sedes principales; Santander Caldas y Bolívar que componen este claustro universitario. Dentro de los temas a tener en cuenta se busca realizar el diseño de una red que cumpla con las funciones descritas y proporcione agua de una calidad aceptable para el uso que se tiene predeterminado.

Por tanto se plantea la inquietud de cómo Diseñar un sistema de captación recolección y canalización de aguas lluvias, para la descarga de sanitarios y orinales para las tres sedes con el objetivo de adaptar a un costo razonable, el sistema a la estructura actual de la universidad.

2. JUSTIFICACION

Con la implementación de un sistema de captación recolección y canalización de aguas lluvias En la fundación universitaria los libertadores. Tanto el medio ambiente, las personas de la capital y la universidad se verían beneficiadas de alguna manera porque:

Daria un auxilio al medio ambiente ya que se estarían reciclando las aguas lluvias. Contribuiría su granito de arena a mitigar con el problema de estrés hídrico que se está evidenciando a nivel nacional y global debido a que baja el consumo de agua potable, necesaria para la vida. Se reduciría el caudal de aguas que van a los alcantarillados a los vertederos y ríos, evitando reboses, y así reduciría problemas de inundaciones y erosión.

Los libertadores es una institucion de educacion superior que debe suplir las necesidades de agua a sus estudiantes maestros y al ente administrativo, por lo cual el consumo de agua es alto. Un sistema de agua lluvia le permitiria suplir necesidades en las que no sea indispensable el agua potable, como por ejemplo la descarga de sanitarios y el lavado de pisos. De esta forma se reduciria los costos en el pago de los servicios prestado por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogota. Ademas que son sistemas sencillos y de facil adaptacion, que en algunos casos en los que ya existe una estructura, se puede adaptar, reduciendo sus costos de impelmentacion. Le mostraria a sus estudiantes la importancia y les enfocaria hacia las tecnologias de sistemas autosostenibles. Seria una buena alternativa de investigacion en los grupos de semilleros de investigacion de la universidad factible para cualquier carrera. Es agua que no necesita de mucha filtracion ya que cae directamente a los techos que son las areas de captacion. Los costos de mantenimiento son minimos.

Su objetivo está fundamentado en el propósito de brindar una opción que permita además de reducir costos y consumo de agua potable en actividades como el lavado de pisos, dar un aprovechamiento adecuado a las aguas lluvia; teniendo en cuenta que son aguas que se están perdiendo en cañerías y demás sistemas de conducción.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar un diseño de un sistema de captación recolección y canalización de aguas lluvias para la descarga de sanitarios y orinales en las sedes caldas Santander y Bolívar de la fundación universitaria los libertadores.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores externos e internos involucrados en la parametrización del diseño del sistema de aguas lluvia, para las sedes Caldas Santander y Bolívar de la fundación universitaria los libertadores.
- Definir el diseño del sistema de captación recolección y canalización de aguas lluvias. Para las sedes caldas Bolívar y Santander de la fundación universitaria los libertadores.
- Establecer los recursos materiales y tecnológicos para el diseño y mantenimiento del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias con base en el costo beneficio.

4. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso hídrico natural fuente de vida. Este preciado líquido, lo encontramos en el 70% de la superficie de la tierra del cual el 2.5 es consumible (PNUMA, 2007), Es un recurso sobre explotado, en gran medida, por la actividad del hombre que la utiliza para usos domésticos, agricultura y procesos industriales. Este fenómeno ha crecido conforme el aumento de la población y del desplazamiento de zonas rurales a urbanas. (FUSDA, 2008). Que traen como consecuencia secuelas al medio ambiente en desordenes climaticos contaminación y el aceleramiento en el agotamiento de las reservas de agua potable, denominado estrés hídrico.

Una manera de aportar a la solución sobre los problemas de presión hídrica, y a un mejor aprovechamiento del recurso, se encuentran en los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia, que las recicla para su posterior uso, ya sea para consumo vital como cosinar, bañarse o en actividades suplementarias como en la descarga de sanitarios y lavado de pisos.

Este tipo de práctica no es reciente; se han descubierto sistemas de captación con antigüedad de más de 4000 años en el desierto del Negev, en Israel y Jordania. En centro América esta como ejemplo la civilización maya, que recolectaban el agua en pozos construidos en el subsuelo con diámetro de 5 metros e impermeabilizados con yeso. (Ballen Suarez, 2006)

En la actualidad este tipo de práctica es muy popular, debido al déficit de agua que se ve en muchos lugares; como el continente de África con sus reducidas fuentes hídricas y bajas precipitaciones, de los países con mayor población, como China, Japón e India. En sur América el clima semiárido entre otros casos. Todos estos factores, reflejan en la necesidad de buscar fuentes alternas de abastecimiento hídrico. En su mayoría son apoyados por organizaciones ONG o el gobierno de cada país. Incluso, en lugares como en Estados Unidos existen compañías especializadas en la construcción y diseño de este tipo de sistemas (Ballen Suarez, 2006). En Colombia, estos tipos de sistemas, no son muy conocidos, ya que el país cuenta con grandes recursos hídricos, y no se ve la necesidad ni la importancia de buscar alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de aguas alternas. Solo algunos lugares, Edificaciones de tipo institucional o comercial como Almacén Alkosto, el edificio de postgraduados de la universidad Nacional (Ballen Suarez, 2006) y el centro comercial Calima, han adoptado este tipo de sistemas autosostenibles (Díaz, 2013).

Es por estas causas entre otras, que en la fundación universitaria los libertadores, un centro de educación superior, desea implementar un sistema de este tipo. Por tanto se plantea la inquietud de cómo Diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, para la descarga de sanitarios y orinales para las sedes Caldas, Bolívar y Santander con el objetivo de adaptar a un costo razonable, el sistema a la estructura actual de la universidad.

5. ESTADO DEL ARTE

Los sistemas de captación de agua lluvia, Son un método de reciclaje, en la que básicamente aprovechan el agua lluvia que cae precipitada sobre la cubierta, siendo conducida por canales o tuberías hacia un tanque de almacenamiento, (Jose Ballen et al, 2006) para luego ser utilizada en varios usos como consumo humano, si es tratada, o ser utilizadas en tareas secundarias, que pueda reemplazar el agua potable como por ejemplo para descarga sanitaria, o lavados de pisos. Los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias puede variar en complejidad conforme la estructura y tamaño de la edificación. Si es para construcción nueva o sobre diseño. De acuerdo a lo anterior, los siguientes componentes del sistema se omitirán dependiendo de lo que se requiera satisfacer.

De acuerdo con varios autores (Ballen Suarez et al, 2006); (UNATSABAR, Lima 2001);(CIDECALLI, 2007), (Perez, 2009) & (Palacio, 2010). Un sistema de agua lluvia se compone de los siguientes elementos:

5.1. Captación:

Es la superficie en la cual cae la lluvia. (CIDECALLI, 2007) Está conformada por el techo de la edificación, se debe contemplar el tipo de material, y que tenga una pendiente adecuada que facilite el escurrimiento del agua. (UNATSABAR, Lima 2001)

5.2. Recolección y conducción:

Se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. (CIDECALLI, 2007). Las canaletas van adosadas en los bordes más bajos del techo. Como las canaletas están expuestas al medio ambiente, es necesario que estas sean resistentes al clima, que no contamine el agua por corrosión, al momento de pegar con otro material o algún tipo de desgaste, y que elimine las fugas. Si la edificación se encuentra ubicada en el sitio en el que caigan materiales indeseables, como hojas o excremento de aves. Se debe acudir a mallas protectoras que impidan que tipo de suciedad grande entre y tapone la tubería de canalización y conducción.

5.3. Interceptor de primeras aguas:

Es el dispositivo en el que entran las primeras aguas del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentran al momento del inicio de la lluvia. Con este mecanismo se impide que material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento, minimizando contaminación. En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por metro cuadrado de techo.

5.4. Almacenamiento:

Es el tanque destinado a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para una determinada demanda. La unidad de almacenamiento debe cumplir los siguientes requisitos.

- Impermeable para evitar filtraciones o pérdida de agua por goteo.
- De no ser de más de dos metros de altura para minimizar sobrepresión
- Con protectores, para evitar el ingreso de luz suciedad e insectos.
- Que tenga puntos de ingreso para realización de limpieza y mantenimiento.

Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. El costo de los sistemas depende básicamente del tamaño de la cisterna de almacenamiento, el sistema para una casa puede costar entre US\$5,000 y US\$8,000 (año 2000), incluyendo los canales y tuberías para conducir el agua a la cisterna, el costo de la cisterna, la bomba y el sistema de tratamiento. (Ballen Suarez, 2006)

5.5. Tratamiento (Filtración):

La filtración es el proceso para separar un líquido en el que está suspendido, al hacerlo pasar a través de un medio poroso y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico.

En Toronto-Canadá El agua para consumo humano se suministra por medio de un sistema de canales que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento donde se le adiciona cal, esta es utilizada para reducir la acidez del agua y darle un sabor fresco, posteriormente el agua pasa a través de un filtro de arena fina y carbón activado para

remover todas las impurezas y por último es sometida a un proceso de desinfección mediante luz ultravioleta. (Ballen Suarez, 2006).

5.6. Red de distribución y bombeo:

Esta red debe ir paralela a la red de acueducto, y debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizara el agua de lluvia, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque, para que evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable. El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas. Se debe tener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar la menos 50 cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado. (Palacio, 2010)

5.7. Factor Técnico y Económico:

En el factor económico nos dice que con los datos suministrados por el factor técnico se puede hacer una evaluación económica ya que estos dos ítems se encuentra íntimamente relacionados y de él se puede concluir si el sistema es viable o no, por el costo de la implementación. La metodología para el diseño involucra dos etapas (Ballen Suarez et al, 2006) & (UNATSABAR, 2001): Factibilidad técnica que es el estudio de la oferta y la demanda de agua y la factibilidad financiera que es la evaluación económica con los resultados obtenidos por la factibilidad técnica. De esto se desarrollan tres aspectos principales (Palacio, 2010):

- Calculo de volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona
- Evaluación de agua potable ahorrado.
- Estimación del presupuesto para la construcción del sistema. Y la proyección del ahorro al utilizarlo.

Para el diseño no se supone mayor problema en cuanto implantación para una edificación de nueva construcción, pero si en un edificio que ya existe, puesto que no es habitual que se disponga del espacio y los requerimientos estructurales necesarios para la instalación de un depósito de varios m³, además de la necesidad de añadir una o varias unidades de gestión de caudales pluviales/ de red y un nuevo trazado de tuberías de agua pluvial que han de servir a los puntos requeridos. Estos factores inciden decisivamente en el coste y, por tanto, dificultan su implantación masiva. (Perez, 2009) quien también afirma que al analizar la viabilidad será necesario no ceñirse estrictamente a criterios económicos y valorar también criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos naturales.

5.8. Ventajas y desventajas:

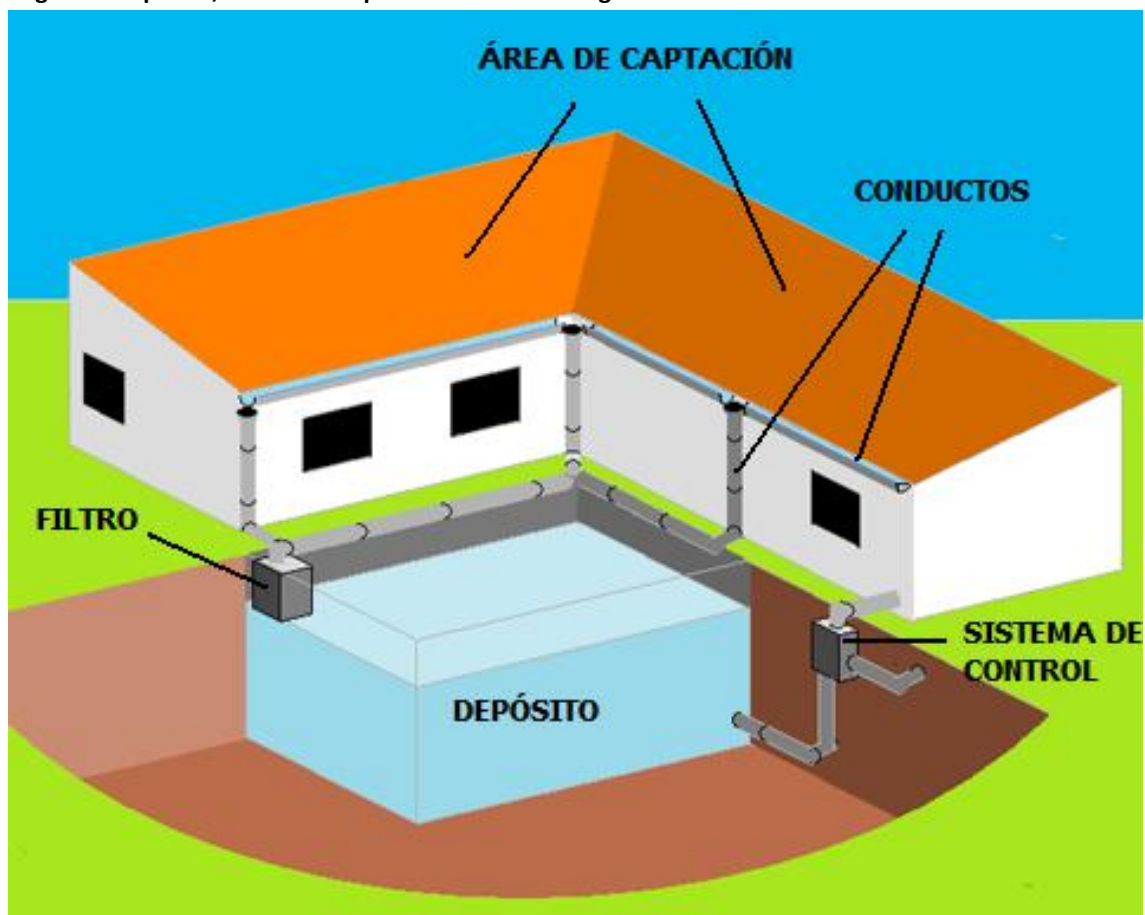
Por último, con la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia se observan las siguientes ventajas y desventajas: (UNATSABAR, 2001);

- Sistema independiente útil para comunidades alejadas.
- Empleo de materiales y herramienta locales
- No requiere energía para la utilización del sistema. O es poca la cantidad utilizada
- Fácil de mantener
- Comodidad y ahorro

También nos muestra las desventajas las cuales son:

- Alto costo inicial
- La cantidad de agua de lluvia depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

Figura 7. Esquema, sistema de aprovechamiento de aguas lluvia.



Fuente: Imágenes de Google para sistemas de captación de aguas lluvia

6. METODOLOGIA

Como base para el desarrollo del proyecto, el área de estudio serán las sedes Caldas, Bolívar y Santander de la Fundación Universitaria los Libertadores. Estas sedes quedan ubicadas en Bogotá capital de Colombia, en la localidad de chapinero.

Cada una de las sedes cuenta con sistema de aprovisionamiento de servicios públicos independientes. Y cada una de las sedes tiene una infraestructura de 6 pisos. Aproximadamente las tres sedes albergan 7040 personas durante el día, entre estudiantes, profesores y funcionarios. (Andrade espinosa & Martinez Porras, 2014)

Con la implementación del sistema se desea cubrir la demanda sanitaria de los estudiantes, (discriminando las unidades sanitarias utilizadas por el área administrativa). Entonces, por la finalidad en el uso del agua captada para la universidad, esta no será purificada.

6.1. Identificación de los factores externos e internos involucrados en la parametrización del diseño del sistema de aguas lluvia. (Factor técnico y económico)

La Precipitación en la zona: Datos pluviométricos mínimo de los últimos 10 años. Idealmente de los últimos 15 años. (UNATSABAR, 2001).

Se trabajara con los datos suministrados por la estación pluviométrica de la estación sede IDEAM Cra 10 de Bogotá. Ya que es la más cercana a la zona y aún se encuentra activa. Los años estudiados fueron del 2000 al 2012. (13 años)

Se adopta el modelo de cálculos propuestos por la unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural (UNATSABAR, 2001) para el Volumen de almacenamiento de aguas tratadas, determinación de la oferta, y la demanda. Con la particularidad que se cambiara el periodo mensual a diario. Esto como conclusión a que las sedes ni las aledañas, cuentan con espacios para implementar el sistema de almacenamiento y distribución para reservas de un mes.

(Palacio, 2010) Para intercepción de primeras aguas, oferta teniendo en cuenta las perdidas.

(Andrade espinosa & Martinez Porras, 2014); Costo de ahorro por la utilización del agua de lluvia para el caso de la factibilidad económica. Las formulas se encuentran en la tabla.1

Se ha decidido otros tipos de espacios ajenos a estas sedes, pero que hacen parte de la universidad y se encuentra conjunta, con espacios grandes algunos

sin construir y los otros en reestructuración. Para poder construir el sistema de almacenaje y de control, esto, sin afectar en el diseño de dichas sedes, por lo que no se ve afectada ninguna de las partes. Las sedes alternas se encuentran más cercanas a la sede Bolívar.

La variable, dotación por persona (Dot) se reemplazara por la demanda diaria promedio de consumo de agua para sanitarios determinada en (Andrade espinosa & Martinez Porras, 2014) demanda promedio de agua para sanitarios en la universidad. Antes de determinar los valores de (Dai) y (Aai) se organizan los datos ubicando en la fila superior el día con la Ppi de mayor valor, luego se continua con el orden regular de los meses/días. Consulte como ejemplo (Palacio, 2010) Tabla 2.Resultados.

En la universidad hay tres diferentes tipos de techos; Concreto cubierto con un manto para impermeabilizar a base de asfalto y aluminio (Mezclas bituminosas: $Ce=0.9-1$) Tejas: (Tejados y azoteas: $Ce=0.9-1$) y Domos en polímero: (impermeables: $Ce=0.7- .95$) Valores tomados de. (Anejos a la memoria, 1995). Que para efectos de cálculos se promediaran estos tres tipos de Ce quedando entonces un coeficiente promedio general de: ($Ce: 0.83-0.98$) $Ce=0.9$. Se tomó la totalidad de las cubiertas de las tres sedes (Ac)= $3670.03m^2$. Ver anexos 8 y 9 sobre las cubiertas. El Cm^3 Costo de metro cubico (m^3) es: \$2423,98 pesos por m^3 .

Para el trazado de la red de distribución del sistema, se trabajara sobre los planos arquitectónicos y estructurales entregados por el área de planeación de la universidad.

Para el dimensionamiento de la tubería, se utilizara el método de la certeza total, utilizando los caudales simultáneos y los diámetros especificados en la tabla 1. Según melguizo y elaborado por (Palacio, 2010). Para el cálculo de las pérdidas de energía, velocidades, caudales, y presiones en el sistema de tubería, y calculos generales sobre la potencia de la bomba se realizaron basados en el libro mecánica de Fluidos Sexta edición de (Robert L Mott).

Tabla 2. Cálculos a utilizar para la determinación de la oferta y la demanda y el costo de ahorro.

	variables	Ecuacion
Ppi (mm/día) precipitación promedio Diario "i" de todos los años evaluados	Ppi: precipitación promedio diario "i" de todos los años evaluados (mm/día) n: número de años evaluados pi: valor de precipitación del día "i", (mm)	$Ppi = \frac{\sum_{i=1}^n Pi}{n}$
Di (m³) Demanda diaria del día "i"	Nu: número de usuarios que se benefician del sistema Dot: Dotación (L/persona/día)	$Di = \frac{Nu * Dot}{1000}$
Ai (m³) Oferta de agua en el día "i"	Ppi: precipitación promedio diario (L/m²) Ce: Coeficiente de escorrentía Ac: Área de captación (m²)	$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000}$
Ai (m³) teniendo en cuenta las perdidas (A'i)	Perdidas del 20% anual, distribuido durante un periodo de 365,25 días	$A'i = Ai - \left(Ai * \frac{0,2}{365.25} \right)$
Dai (m³) demanda acumulada al día "i"	Da(1-i): Demanda acumulada al día anterior Di: demanda del día "i" (m³)	$Dai = Da_{(i-1)} + Di$
Aai (m³) oferta acumulada al día "i"	Aa(1-i): Oferta acumulada al día anterior "i-1" (m³) Ai: Oferta del día "i" (m³)	$Aai = Aa_{(i-1)} + Ai$
Vi (m³) volumen de almacenamiento del mes "i"	Aai: oferta acumulada al día "i" (m³) Dai: demanda acumulada al día "i" (m³)	$Vi = Aai - Dai$
Vint (m³) Volumen del interceptor	Atecho: Área del techo a captar (m²)	$V_{int} = \left(1 \frac{L}{m^2} * A_{techo} \right) / 1000$
Ca (\$ colombianos) Costo de ahorro.	Cm³: Costo de metro cubico (m³) P: Cantidad de precipitación de agua en la zona Pp: Promedio de Precipitaciones	$Ca = Pp * Cm^3$

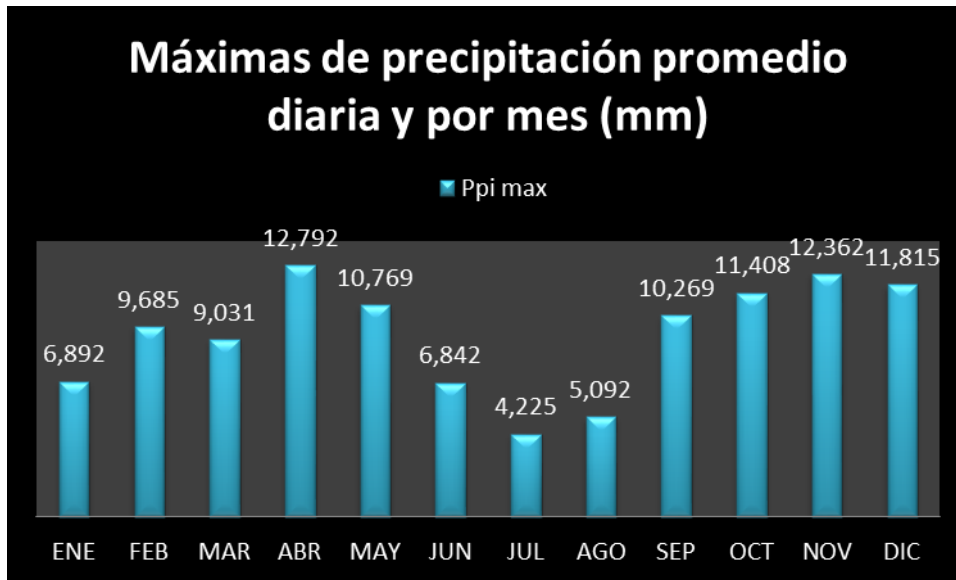
Fuente: Elaboración del autor a partir de formulación (UNATSABAR, 2001); (Andrade espinosa & Martinez Porras, 2014) & (Palacio, 2010).

7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

7.1. Precipitación promedio diario.

Como resultado se dieron 365 datos de Ppi, sobre el promedio diario de los trece años evaluados. Por lo que para efectos en la muestra de los resultados, se tomaron las máximas diarias por mes.

Figura 8. Días de mayor precipitación promedio en el mes para una evaluación de 13 años.



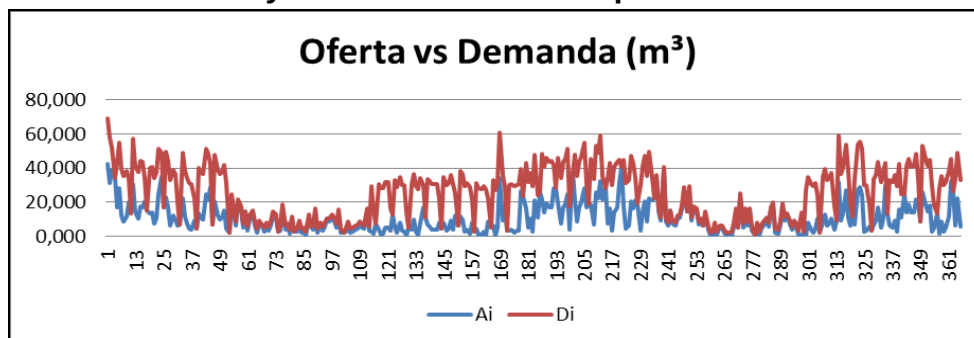
Fuente: Autor

En la figura 1. Se observa que el día de mayor precipitación se dio en el mes de abril con 12.792 mm en el día. Los días de menor precipitación se dan en el mes de julio con una máxima de precipitación diaria de 4.22 mm

7.2. Demanda diaria, oferta diaria, Demanda diaria acumulada, oferta diaria acumulada y volumen de almacenamiento.

A continuación se presenta los resultados diarios obtenidos para la demanda y la oferta.

Figura 9. Presentación general de los datos obtenidos en el cálculo de la demanda y la oferta diaria en un periodo anual.

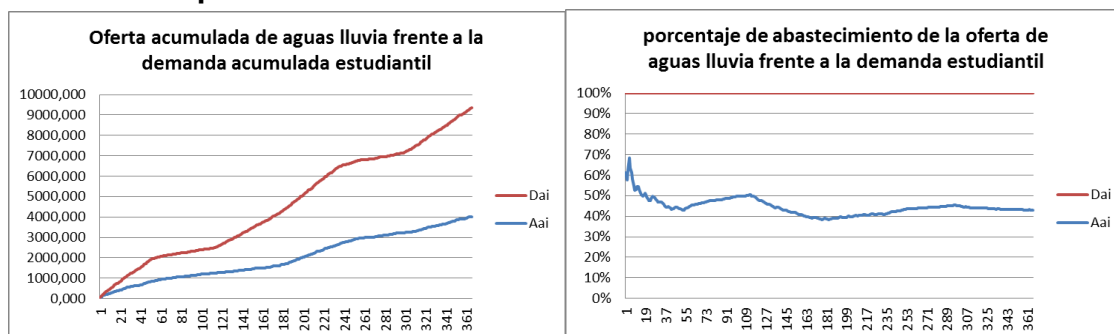


Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de las precipitaciones diarias, la demanda y la oferta del día “i” y que para los acumulados de la demanda y la oferta, se debe organizar los datos con el mayor Ppi. De los cuales dio como resultado el día 10 de abril, por tanto se ubica de primero como se observa en la tabla 2. Para luego continuar con el orden regular de los días/meses.

Como resultado se observa que la oferta de agua lluvia no es suficiente para cubrir la demanda total solo se podría cubrir un poco más del 50%.

Figura 10. Proporción en la que la oferta de aguas lluvia cubre la demanda diaria en un periodo anual.



Fuente: Autor

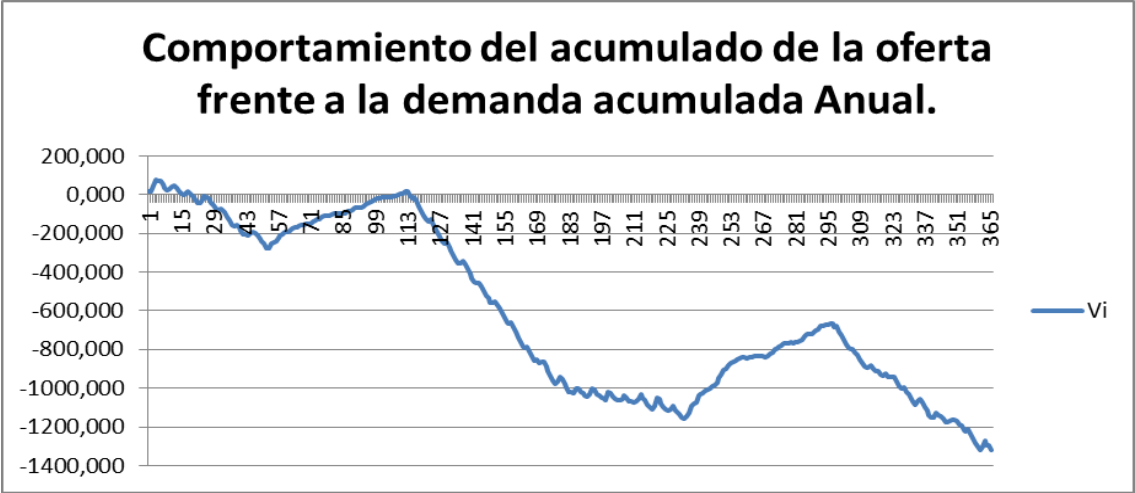
Tabla 3. resultado de la obtencion del tanque y porcentaje de ahorro acumulado en un año

	DIA	MES	Ppi	A'i (m³)	Aai (m³)	Di (m³)	Dai (m³)	Vi(m³)	Acumulado %
1	10	Abr	12,792	42,230	42,230	26,822	26,822	15,408	217,70
3	13	Abr	10,300	34,003	145,990	0,004	67,060	78,930	157,44
365	9	Abr	1,769	5,841	4022,909	26,822	5341,894	-1318,985	75,31

Fuente: Autor

Para el volumen de almacenamiento de acuerdo a los cálculos, el día 13 de abril (3), dio un valor de 78.930 m³ que es el mayor valor positivo de la columna Vi. Esto quiere decir que es el valor óptimo, teniendo en cuenta las interacciones que hay entre la demanda y la oferta en cada día, Entonces ese sería el mayor volumen que se daría. Ver figura 4.

Figura 11. Valores de los volúmenes Vi en la que se observa la interacción que hay entre la oferta y la demanda.



Fuente: Autor

De acuerdo a los acumulativos, resultado entre las interacciones de la oferta acumulada y la demanda acumulada. En un periodo de un año. Se tiene que la oferta de agua aporta 4022.909m³ frente a la demanda con un total de 5341.894m³ esto da como resultado un porcentaje de abastecimiento del sistema de 75.31%.

Tabla 4.Potencial de ahorro para un periodo anual

Total abastecimiento con agua lluvia		
variables (valores anuales)	m ³	% Acumulado
demanda Di	5341,894	75,31
Oferta de agua lluvia	4022,909	
demanda por cubrir	-1318,985	

Fuente: Autor

7.3. Costo de ahorro por la utilización del agua de lluvia.

De acuerdo a los resultados arrojados en la tabla 3. Y asumiendo el costo por metro cubico según recibos de acueducto es de \$2423.98 (Cristian A. et al,

2014). El costo de ahorro anual es de \$9'751.450,958, Con un ahorro mensual promedio de \$812.620,132.

7.4. Tanque interceptor de primeras aguas, tanque recolector de aguas limpias y tanque de almacenamiento de aguas tratadas.

Para el tanque interceptor de primeras aguas, se tuvo en cuenta que por cada m² de area de captacion se debe desechar 1 mm.(UNATSABAR, 2001). Para el segundo interceptor de aguas se definio el volumen tomando como base, la mayor oferta en el dia Ai entre los 365 dias evaluados. Se dejara un margen de 5mm del espejo de agua al borde del tanque. El dimensionamiento del tanque de almacenamiento Vi, se calculo de acuerdo a los resultados de la tabla 2. Y tambien se dio un margen de altura entre el borde del tanque y el espejo del tanque de 11cm.

Tabla 5. Especificaciones de las dimensiones de los tanques de recolección y almacenamiento.

	Especificación	Volumen m ³	Alto	Largo	Ancho	V interno tanque
T1	tanque 1	3,7	1,80	2	1,028	3,70
T2	tanque 2	42,230	2,50	5	3,60	45,00
T3	tanque 3(agua potable)	78,93	2,50	6	5,50	82,50
T3	Altura colchon de agua	1,687	0,813	6	5,50	26,82
T2	h espejo de agua y borde del T2	0,154	2,346	5	3,60	42,23
T3	h espejo de agua y borde del T3	0,11	2,392	6	5,50	78,93

Fuente: Autor

El segundo interceptor resguardara las aguas lluvias, recolectadas durante un periodo de 24 horas (12:00 am). Cada vez que se cumpla el periodo establecido y contabilizado por un temporizador, enviara la señal a un contactor Que cerrara el circuito (ON) de la valvula electrica normalmente cerrada, que esta a la salida del tanque T2 y al sistema de bombeo que pasara el agua al tanque de almacenamiento Vi. Cuando T2 quede vacio, un sensor de nivel dara la señal al contactor de abierto(off). El sistema de bombeo dejara de funcionar y la Valvula el sistema de bombeo se cerrara. Dependiendo de la altura en la que quede el agua en T3, se dara paso a que entre el agua potable suministrada por el acueducto. La altura minima que debe conservar el tanque es de 1m. que para las dimensiones establecidas en Vi sera una altura de 0.82m que sera igual al mayor valor de la demanda diaria (26.822 m³) por seguridad la altura sera de 1m (colchon). Un sensor de nivel o capacitor, es quien dara la señal a la valvula. Para que se abra y deje pasar el agua potable.

Cuando cumpla con la altura minima establecida, se cerrara. Por seguridad el tanque T2, tendra un un sistema de desague en la parte superior, dado el caso de que haya precipitaciones mayores a las estudiadas y haya rebose. El material de los tanques son en plastico reforzado de fibra de vidrio PRFV. Ver Anexo 1. Sobre la dinamica general del sistema.

7.5. Red de distribucion y bombeo

El agua no se utilizara para consumo directo y no se encuentra en un área de alta contaminación por partículas grandes así que la parte de filtración se reducirá a los primeros dos tanques de intercepción y a un filtro de succión, que limpiara el agua de suciedad antes de que pase a la bomba, protegiéndola y de paso limpiando más el agua, antes de que llegue al tanque de almacenamiento. El sistema de distribución de agua lluvia para los sanitarios y orinales será totalmente independiente al utilizado para la distribución de consumo de agua potable, en la que se encuentra lavamanos, cafeterías etc. Como las unidades sanitarias hacen parte de dicha red, se taparan esas entradas con un tapón. Y las salidas de sanitarios y orinales se conectaran al nuevo sistema.

En las tablas 5 6 y 7 se encuentran respectivamente, los tramos dados del nuevo sistema para las sedes Caldas Santander y Bolívar, con sus especificaciones en diámetros y longitud. El cálculo de caudal se realizó a través del método del caudal máximo posible (Carmona, 1992), en la que se puede presentar que todos los aparatos funcionan simultáneamente. El diseño de la tubería se puede apreciar en los anexos 2 al 7. En el anexo 10. Se aprecia las alturas utilizadas para los ramales.

Tabla 6. Tramos sede Caldas.

	TRAMOS	LONGITUD (m) Metros (m)	DIAMETRO (in) Pulgadas(in)	Q instanta neo L/s
*	C1-ab	3	2-1/2"	3
*	C1-bc	8	2-1/2"	3
*	C1-cd	19,02	2-1/2"	3
*	C1-de	2,48	2-1/2"	3
*	e.C1 - a.C4	11,5	2"	1,35
*	C1-ef	11,98	2"	1,65
B1	C1-fg	3	1"	1,65
B1	C1-fg (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	C1-fg (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	C1-fg (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	C1-fh	6,1	1"	1,2
B1	C1-hi	2	1"	1,2
B1	C1-hi (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	C1-hi (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-dj	0,5	1"	0,9
B2	C1-jk	2,5	1"	0,9
B2	C1-jk (sanit)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-jk (sanit)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-kl	4	1"	0,6
B2	C1-kl (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-kl (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-kl (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2	C1-kl (orinal)	0,4	1/2"	0,15
*	a.C4 (fin)	0	2"	1,35
*	C4-ab	3	1-1/4"	1,35
B3	C4-bc	3,2	1"	1,35
B3	C4-bc (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B3	C4-bc (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
*	C4-bd	6,5	1-1/4"	1,05
B3	C4-de	4,1	1-1/4"	1,05
B3	C4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B3	C4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B3	C4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B3	C4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15
*	C4-ef	6,75	1"	0,45
B4	C4-fg	2,8	1"	0,45
B4	C4-gh	4,3	1"	0,45
B4	C4-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B4	C4-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B4	C4-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15

Fuente: Autor

Tabla 7. Tramos sede Santander.

	TRAMOS	LONGITUD (m) Metros (m)	DIAMETRO (in) Pulgadas(in)	Q instanta neo L/s
*	S1-ab	8,5	2"	2,55
*	S1-bc	4,81	2"	2,55
*	S1-cd	17,27	2"	2,55
*	S1-de	31,74	2"	2,55
*	e.S1-a.S3	7,15	1-1/4"	0,9
*	a.S3-a.S5	7,15	1-1/4"	0,9
*	S3-ab	1,5	1-1/4"	0,75
*	S3-bc	2	1-1/4"	0,75
*	S3-cd	2	1-1/4"	0,75
B1	S3-de	1	1"	0,75
B1	S3-de (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	S3-df	2	1"	0,6
B1	S3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B1	S3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
*	S3-cg	4,2	1"	0,3
*	S3-gh	1,35	1"	0,3
B2	S3-hi	1,3	1"	0,3
B2	S3-hi (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B2	S3-hj	1,3	1"	0,15
B2	S3-hj (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
*	a.S5-a.S6	3,5	1-1/4"	0,9
*	S5-ab	10,08	1-1/4"	0,9
B3	S5-bc	4,35	1"	0,9
B3	S5-cd	0,5	1"	0,9
B3	S5-cd (sanitar)	0,6	1/2"	0,15
B3	S5-ce	1,6	1"	0,75
B3	S5-ce (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B3	S5-ce (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B3	S5-bg	1,2	1"	0,45
B3	S5-gf	1,5	1"	0,45
B3	S5-gf (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B3	S5-gf (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B3	S5-gh	0,7	1"	0,15
B3	S5-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
*	a.S6 (fin)	0	1-1/4"	0,9
*	S6-ab	8,89	1-1/4"	0,9
B4	S6-bc	1,3	1-1/4"	0,9
B4	S6-bc (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B4	S6-bc (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B4	S6-bd	2	1"	0,6
B4	S6-bd (sanitar)	0,4	1/2"	0,15
B4	S6-bd (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B4	S6-de	2,01	1"	0,3
B4	S6-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B4	S6-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15

Fuente: Autor

Tabla 8. Tramos sede Bolívar.

TRAMOS	LONGITUD (m) Metros (m)	DIAMETRO (in) Pulgadas(in)	Q instantáneo L/s	TRAMOS	LONGITUD (m) Metros (m)	DIAMETRO (in) Pulgadas(in)	Q instantáneo L/s	TRAMOS	LONGITUD (m) Metros (m)	DIAMETRO (in) Pulgadas(in)	Q instantáneo L/s
* B1-ab	16,58	3"	9,9	B3 B2-mn (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-fg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* B1-bc	11,84	3"	9,9	B3 B2-mn (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-fg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* B1-cd	7,93	3"	9,9	B3 B2-mn (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-fg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* B1-de	17,11	3"	9,9	* a.B3-a.B4	3,5	1-1/4"	1,35	* b.B4-b.B5	3,5	1-1/4"	0,75
* e.B1-a.B2	4	2"	1,2	* B3-ac	4,5	1-1/4"	1,35	* B4-bc	4,29	1-1/4"	0,75
* B1-df	10,75	2"	1,2	* B3-cd	3,6	1-1/4"	1,35	* B4-cd	3,2	1-1/4"	0,75
* B1-fg	1,25	2"	1,2	B4 B3-de	0,3	1"	1,35	* B4-de	3	1-1/4"	0,75
* B1-gh	15,04	2"	1,2	B4 B3-ef	1,5	1"	1,35	B7 B4-ef	1,5	1-1/4"	0,75
B1 B1-hi	3	1"	1,2	B4 B3-ef (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B7 B4-ef (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B1 B1-ij	0,4	1"	1,2	B4 B3-ef (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B7 B4-ef (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B1 B1-ij (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B4 B3-ef (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B7 B4-ef (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B1 B1-ho	0,8	1"	1,05	B4 B3-dg	1,3	1"	0,9	B7 B4-eg	2	1"	0,45
B1 B1-op	1,8	1"	1,05	B4 B3-dg (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B7 B4-eg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B1 B1-op (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B4 B3-dg (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B7 B4-eg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B1 B1-op (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B4 B3-dg (orinal)	0,4	1/2"	0,15	* a.B5 (fin)	0	1-1/4"	1,35
* B1-hk	1	2"	0,75	B4 B3-gh	3,9	1"	0,45	* B5-ac	7,3	1-1/4"	1,35
* B1-kl	10,68	2"	0,75	B4 B3-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	* B5-cd	7,26	1-1/4"	1,35
* B1-lm	6,39	2"	0,75	B4 B3-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-de	1,5	1"	1,35
* m.B1-b.B3	7,5	1-1/4"	0,75	B4 B3-gh (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-de (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* a.B2-a.B3	3,5	1-1/4"	1,65	* b.B3-b.B4	3,5	1-1/4"	0,75	B8 B5-de (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* B2-ab	4,16	1-1/4"	1,65	* B3-bc	4,5	1-1/4"	0,75	B8 B5-df	3	1"	1,05
* B2-bc	3,3	1-1/4"	1,65	* B3-cd	6,79	1-1/4"	0,75	B8 B5-df (sanita)	0,4	1/2"	0,15
* B2-cd	2,9	1"	1,65	B5 B3-de	0,5	1"	0,75	B8 B5-fg	2,5	1"	0,9
B2 B2-de	0,5	1"	1,65	B5 B3-de (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-fg (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2 B2-de (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B5 B3-df	3	1"	0,6	B8 B5-fg (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2 B2-ef	0,4	1"	1,5	B5 B3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-fg (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2 B2-ef (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B5 B3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-gh	2,4	1"	0,45
B2 B2-eg	0,4	1"	1,35	B5 B3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-gh (orinal)	0,4	1/2"	0,15
B2 B2-eg (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B5 B3-df (sanitar)	0,4	1/2"	0,15	B8 B5-gh (orinal)	0,4	1/2"	0,15
* B2-ch	2	1"	1,2	* a.B4-a.B5	3,5	1-1/4"	1,35	B8 B5-gh (orinal)	0,4	1/2"	0,15
* B2-hi	4,5	1"	1,2	* B4-ac	6,1	1-1/4"	1,35	* b.B5 (fin)	0	1-1/4"	0,75
* B2-ij	4,6	1"	1,2	* B4-cd	4,76	1-1/4"	1,35	* B5-bc	5,79	1-1/4"	0,75
B3 B2-jk	1,5	1"	1,2	B6 B4-de	2,2	1"	1,35	* B5-cd	2,6	1-1/4"	0,75
B3 B2-jk (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-de	1,3	1-1/4"	0,75
B3 B2-jk (sanit)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-ef	1,4	1"	0,75
B3 B2-ji	2,8	1"	0,9	B6 B4-de (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-ef (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B3 B2-lm	2,2	1"	0,9	B6 B4-df	2,2	1"	0,9	B9 B5-ef (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B3 B2-lm (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-df (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-eg	2,3	1"	0,45
B3 B2-lm (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-df (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-eg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B3 B2-lm (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B6 B4-df (orinal)	0,4	1/2"	0,15	B9 B5-eg (sanita)	0,4	1/2"	0,15
B3 B2-mn	1,5	1"	0,45	B6 B4-fg	3,6	1"	0,45	B9 B5-eg (sanita)	0,4	1/2"	0,15

Fuente: Autor

Para determinar la energía que las bombas agregan al fluido, previamente se calcularon los valores de elevación de presión del fluido hasta el punto más alto de destino, la carga de velocidad que se transfiere a lo largo del sistema, de las pérdidas de energía dadas por la longitud de la tubería y los accesorios independientes para cada sede. La eficiencia de cada bomba se determina de acuerdo al especificado por el fabricante, de ello también depende la potencia de entrada de la bomba. Las bombas deben ser de succión negativa, ya que los tanques serán subterráneos.

Tabla 9. Carga total de las bombas en watts y horse powers para las sedes Caldas Bolívar y Santander.

sede	perdidas de energía		Presion		nivel	carga v	características bomba		
	hl (m) accesorios	hl (m) tubería	Kpa	psi	altura estática (m)	velocidad m/s	carga dinámica total TDH (N*m/N)	Potencia de la bomba(W)	Potencia en (HP)
C	55,9	7,976	99,572	14,442	10,15	0,904	174,501	170452,273	228,580
B	137,2	6,251	168,24	24,401	14,65	1,299	327,641	540754,54	725,164
S	43,1	22,554	138,81	20,133	17,15	1,970	223,585	304464,542	408,294

Fuente: Autor

7.6. Captación y canalización

- Las bajantes tiene dragantes protectores así que se dejen tal cual.
- Se utilizará como área de captación todos los tejados y cubiertas de las tres sedes: Caldas Santander y Bolívar. Se mantendrán los mismos tejados, es decir que por el momento no habrá cambio de tejado.
- Se utilizaran para el nuevo sistema. las canaletas y bajantes del sistema de lluvias que tiene la universidad. para recoger el agua lluvia y conducirla hasta el T1. Las canaletas se dejen sin malla protectora. Ya que no hay árboles y aves, por lo que con la acostumbrada limpieza del área de mantenimiento es suficiente.

7.7. Costo, Valor del proyecto.

Debido a la falta de información de planos de los sistemas hidráulicos (suministro de agua potable, de desagües de aguas lluvias, red contra incendios, etc.), se realizara un presupuesto aproximado sin tener en cuenta el gasto en metraje de tubería accesorios y terminación del montaje del sistema

de conducción del agua lluvia hacia los tanques, por desconocimiento en su ubicación. Por tanto los valores dados pueden aumentar por la faltante.

Tabla 10. Presupuesto aproximado para el aprovechamiento de agua lluvia.

Tanque de almacenamiento T3 + construccion	\$ 60.000.000
Tanque T2 + construccion	\$ 45.000.000
Tanque interceptor T1 + construccion	\$ 11.000.000
sistema de bombeo + construccion	\$ 7.000.000
red sistema de distribucion + instalacion	\$ 15.465.894
Costo Total implementacion del sistema	\$ 138.465.894

Fuente: Autor, Valores tomados de cotizaciones año 2014.

Con los resultados obtenidos en la tabla 9 y el numeral 3.3. Si se implementara el sistema de aguas lluvias, el periodo de recuperación sobre la inversión sería de 14 años. El Costo inicial de inversión sería muy elevado, teniendo en cuenta que además del costo por la implementación del sistema, aun se debe cubrir la demanda con agua potable. Y sumar los costos por la terminación del sistema de canalización (tubería faltante para conducir el agua hacia los tanques).

El periodo de recuperación de la inversión podría disminuir levemente si se tiene en cuenta que el costo por metro cubico de agua aumenta por acumulados iguales o superiores al 3% del IPC (Índices de precios al consumidor. (EAAB, 2014)

Aunque el tiempo de la inversión sea largo, con el tiempo se tendrá un sistema sostenible. Contribuyendo así A la mejora del medio ambiente, ya que se está usando agua de lluvia en actividades en las que no son vitales el agua potable.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados se puede decir que el sistema es viable ya que cubre la demanda en un 75% anual sobre las tres sedes. Que para efectos de reducción de costos, se puede hacer el montaje del sistema omitiendo una de las tres sedes de estudio, como la sede caldas, que es la que menor demanda tiene. De esta forma se podría cubrir la demanda total y se restaría los costos de instalación en tubería y sistema de bombeo sobre dicha sede.

Hay que tener en cuenta que el sistema se diseñó bajo periodos hidrológicos de 13 años promediados, y que estos valores podrían variar en los años futuros por lo que el valor de las precipitaciones podrían variar, si bien para ser mayores o menores a las planteadas. Entonces por defecto podría variar el tamaño de los de los tanques. Además, que la estación seleccionada fue elegida ya que fue la más cercana (a unas 43 calles) y que aún se encuentra activa con datos continuos necesarios para la investigación.

El sistema de bombeo debe ser más específico al presentado, para efectos de optimización de dicho sistema, El cual puede ser asesorado por un experto en el tema por ejemplo un ingeniero hidráulico. Esto podría reducir más los costos de implementación.

El sistema de distribución fue realizado sobre planos arquitectónicos por lo que se debe recurrir a los hidráulicos de la universidad para tener una mayor exactitud en cuanto al diseño. Para evitar que afecte otros sistemas, como el eléctrico, o que no se cruce con otras tuberías, y que no se dañe la parte estructural.

Por defecto de ser investigación teórica, se desconoce factores de vital importancia como el estudio de suelos para enterrar los tanques, trayendo como consecuencia el posible cambio de ubicación tanto de los tanques como del sistema de bombeo. Y de la ubicación exacta de los tramos del sistema de conducción de aguas lluvias hacia los desagües. Por lo que no se puede dar un nivel de detalle más que un enfoque superficial de la dinámica del sistema. Entonces es aconsejable que se deba realizar un estudio más a fondo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

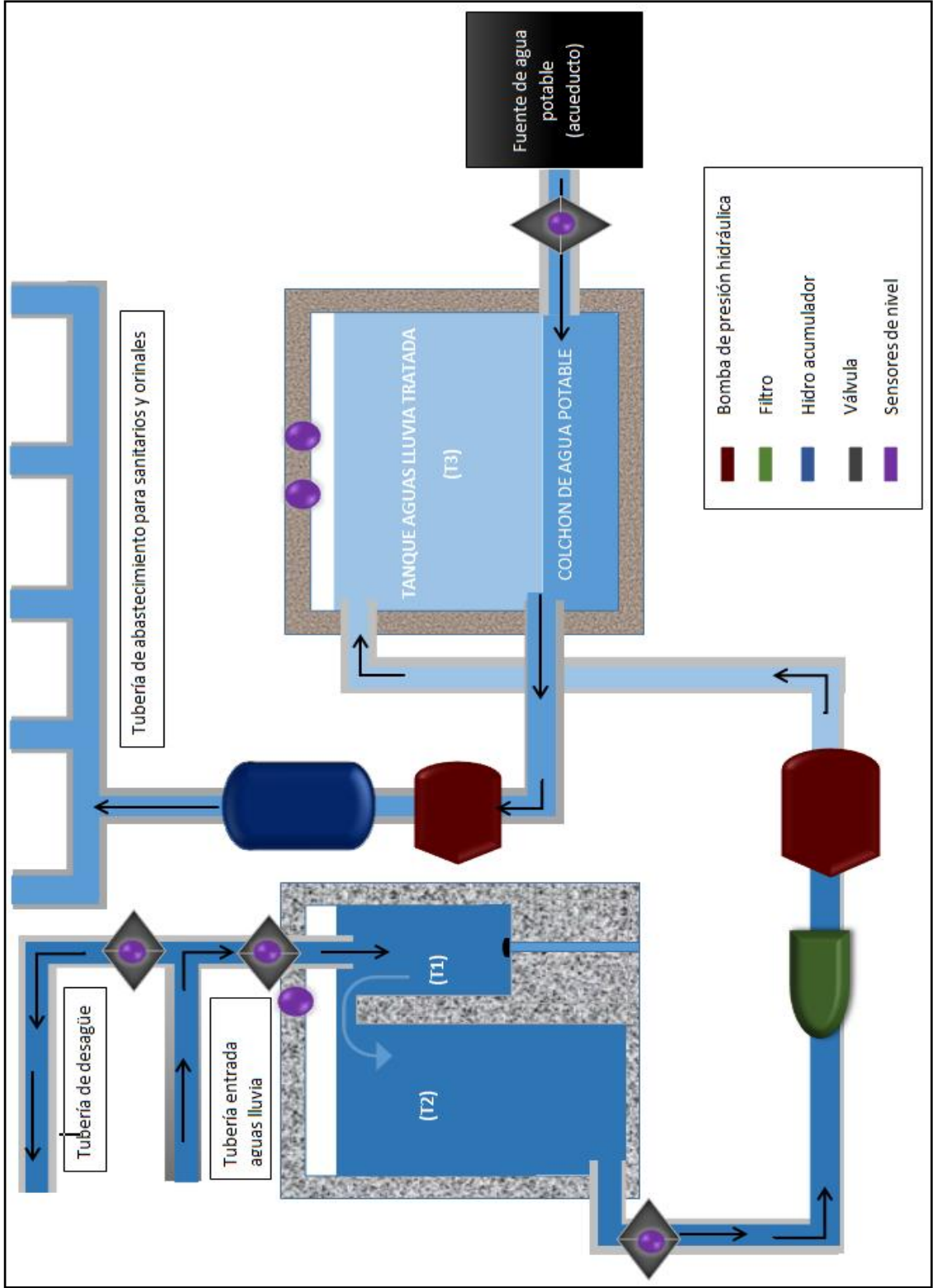
- 2014, U. N. (21 de 03 de 2014). La demanda energética pone al agua bajo presión, según un informe de Naciones Unidas. *SERVICIO DE PRENSA UNESCOPRESS*, págs. http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/united_nations_report_warns_rising_energy_demand_will_stress_fresh_water_resources/back/9597/#.U2lvDuyefix.
- Alcaldia Mayor de Bogotá et al. (2008). *Calidad Dle Sistema Hidirco de Bogota 1º ed.* Bogota: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Andrade espinosa , C. H., & Martinez Porras, O. F. (2014). Modelo costo-beneficio de la posible implatacion de un sistema de captacion de aguas en la institucion educativa fundacion universitaria los libertadores. *fundacion universitaria los libertadores*.
- Anejos a la memoria. (1995). estudios previos: Condicionales fisicos para la ordenación de la orda sudoeste de suelo urbanizable. *Anejo 7:Hidrologia*.
- Ballen Suarez et al. (2006). Sistema de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. *VI serea-seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua (brasil)*.
- Ballen Suarez, e. a. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI SERA- Seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento Urbano de Agua Joao Pessoa (Brasil)*.
- Carduño, D. M. (12 al 15 de noviembre de 2013). Colegio de Postgraduados centro internacional de demostracion y capacitacion en aprovechamiento del agua lluvia. *OBJETIVOS Y LOGROS DEL CIDECALLI EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE*. Mexico.
- Carduño., D. M. (22 y 23 de 05 de 2012). CAPTACION DEL AGUA LLUVIA CON FINES MULTIPLES:EXPERIENCIAS EN MEXICO. *1º Seminario latinoamericano sobre acceso, uso y reuso del agua para la agricultura familiar*. Seminario presentado en Argentina: COLEGIO DE POSTGRADUADOS Cetro Internacional de demostracion y capacitacion en aprovechameinto del agua.
- Carmona, R. P. (1992). *Instalaciones Hidraulicas Sanitarias y de gas en edificaciones*. Santafe de Bogota, D.C: Coinascotplo-Ascotplo.
- CIDECALLI-CP. (2007). Diseño de sistema de captacion de agua lluvia: Sistema de captacion de agua de lluvia para uso domestico y consumo humano (COLPOS 1), a nivel de familia.
- DEFENSORIA DEL PUEBLO. (21 de 03 de 2009). Clasificacion municipal de la prevision de agua en Colombia. *Defensoria en los medios*.
- Diaz, F. (septiembre de 2013). Ingeniero hidrahulico. (Y. Mariño, & A. Leon, Entrevistadores)

- EAAB. (28 de Febrero de 2014). *Acueducto Agua, Alcantarillado y Aseo de Bogota*. Recuperado el 2014 de Julio de 24, de Bogota.gov.co: http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal/!ut/p/c5/hY47DoJQEEXXwgpmeF8oiSKgwNMgCjTKxRDE8LEwJuxeilONMIOee88MFDBtr99NrV_N0OsWMihEaZlJEifoJJki4HjupagjJ4ZnXguyo3n-EyGilpcEEnMkxOmCcWArrSv872fhMd3NgaK26GKPBORf_k__8xxYRyE2B-6CtIVS84hE5BDIRe-3bPDxNuq1rcRnl2G
- Elke, M., & Setty, K. (2006). Proyecto experimental: Sistemas para captar aguas pluviales y filtracion para la universidad de Ecosur. *Bren school of enviromental science and managwement, university of california, Santa Barbara*.
- FUSDA. (2008). Medio ambiente y desarrollo: hacia un manejo sustentable del agua. *Nueva Vision social democracia*, 36.
- GRUPO COMUNICACIONES - MADS. (11 de 04 de 2014). *Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 04 de 28 de 2014, de Noticias / Minambiente hace llamado sobre necesidad de crear ciudades resilientes.: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1394&conID=9237>
- IDEAM. (2008). *Informe Anual Sobre el Estado del Medio Ambiente y los Reecursos Naturales Renovables en Colombia. Estudio Nacional del Agua:Relaciones de demanda y oferta hidrica*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- IDEAM. (2010). *ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA. Capitulo 5: Estimacion de la demanda del agua*. Bogotá.
- ONU-DAES. (07 de 02 de 2014). *Departamento de Asuntos Economicos y Sociales de naciones Unidas (ONU-DAES)*. Recuperado el 2014 de 03 de 2014, de Decenio Internacional para la Accion "El Agua Fuente de Vida" 2005-2015: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- OPS/CEPIS/UNATSABAR,. (2005). Guia para el diseño de redes de ditribucion de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable . *Organizacion panamericana de la Salud ; area de desarrollo sostenible y Salud ambiental* .
- PAGINA WEB DE LA ICANH. (s.f.). *Instituto Colombiano de Antropologia e Historia*. Recuperado el 15 de 04 de 2014, de You are here: Ver página en Inglés> Release> Register of Archaeological Sites> Sabana de Bogotá: http://www.icanh.gov.co/ver_pagina_ingles/release/register_of_archaeological_sites/sabana_bogota
- Palacio, 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,antioquia. *Universidad de Antioquia*.

- Perez, I. F. (2009). Aprovechamiento de aguas pluviales. *Departamento de construcciones arquitectonicas II. Arquitectura tecnica, EPSEB-UPC.*
- PNUD. (2005). *Informe sobre el Desarrollo Humano 2006: Mas alla de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua.* UN WATER. ORG.
- PNUMA. (2007). Perspectivas del medio ambiente: America latina y el caribe. *PNUMA.*
- PNUMA. (2008). Revista Tunza Vol.6 no.3: water. *Tunza. Revista del PNUMA para los jovenes. UNEP magazine for youth., 12.*
- Robert L Mott. (s.f.). *Macanica de fluidos- SextaEdicion.* PEARSON Prentice Hall.
- UNATSABAR. (2001). Guia de diseño para captacion del agua de lluvia: Unidad de apoyo Tecnico en saneamiento Basico Rural - UNATSABAR. *Centro Panamericano de ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente Division de Salud y Ambiente Organizacion Panamericana de la salud Oficina Sanitaria Paramericana-Oficina regional mundial de la salud. Lima.*
- UNEP. (2008). Tunza vol.6 no 3 : WATER. *UNEP magazine for youth. Revista del PNUMA para los jóvenes., 12.*
- UNESCO. (2003). *Informe de las naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos en el mundo: Agua para todos, agua para la vida.* Paris, francia: Mundi-Prensa Libros, 2003 para la edición española.
- UNESCO. (2014). La demanda energética pone al agua bajo presión, según un informe de Naciones Unidas. *SERVICIO DE PRENSA UNESCOPRESS.*
- UNESCO. (21 de 03 de 2014). La demanda energética pone al agua bajo presión, según un informe de Naciones Unidas. *SERVICIO DE PRENSA UNESCOPRESS,*
- UNESCO-WWAP. (2012). *Vision general de los mensajes mas importantes: Extraido del informa de Las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos en el mundo.* Publicado por el programa mundial de evaluacion de los recursos hidricos de las Naciones Unidas.
- UNIVERSIDAD DISTRITAL. (s.f.). *UNIVERSIDAD DISTRITAL, FRANCISCO JOSE DE CALDAS.* Recuperado el 25 de 04 de 2014, de <http://www.udistrital.edu.co/>: <http://www.udistrital.edu.co/universidad/colombia/bogota/caracteristicas/>

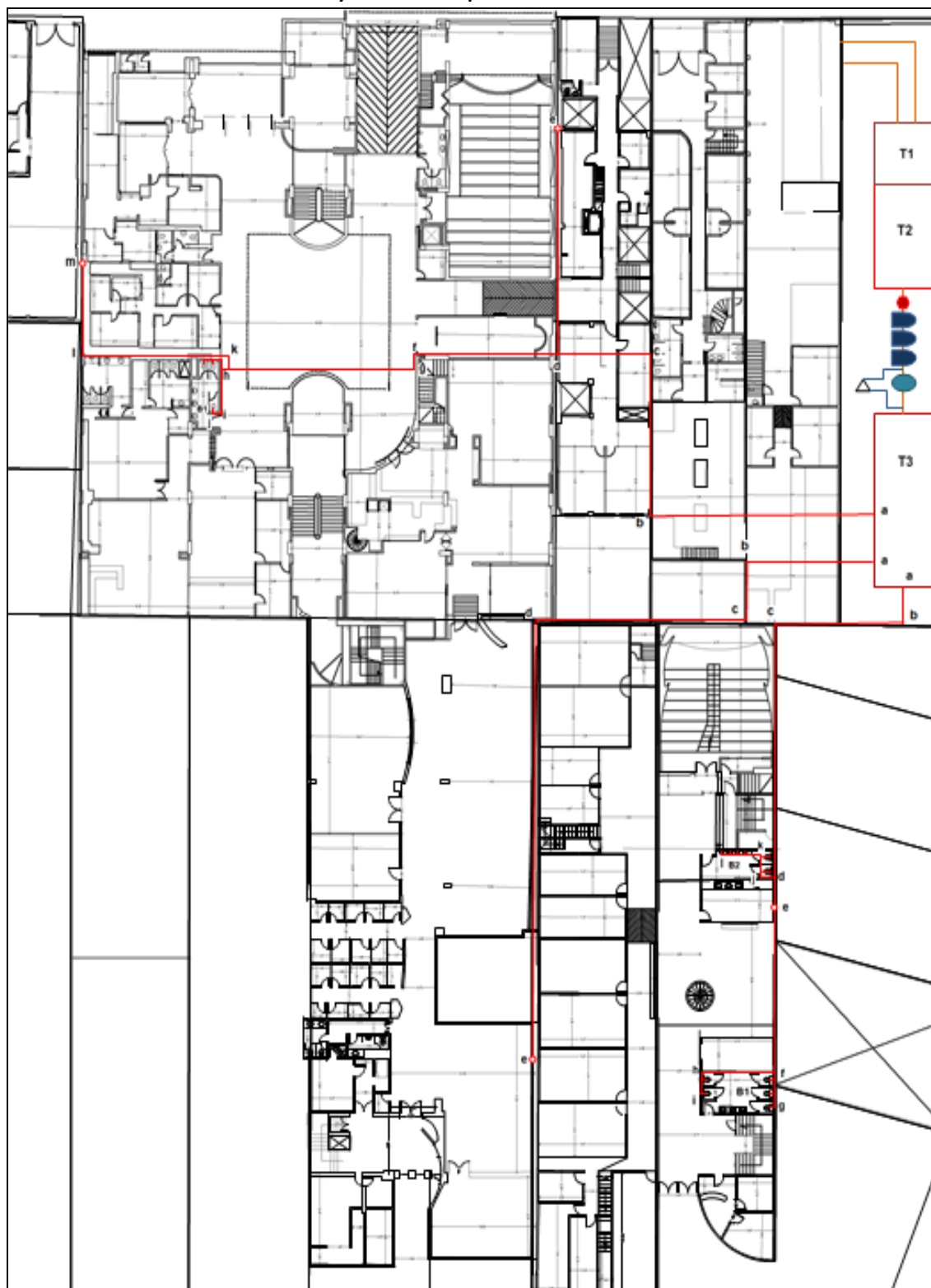
ANEXOS.

Anexo 1. Flujo de aguas lluvias desde la canalización hasta su distribución.

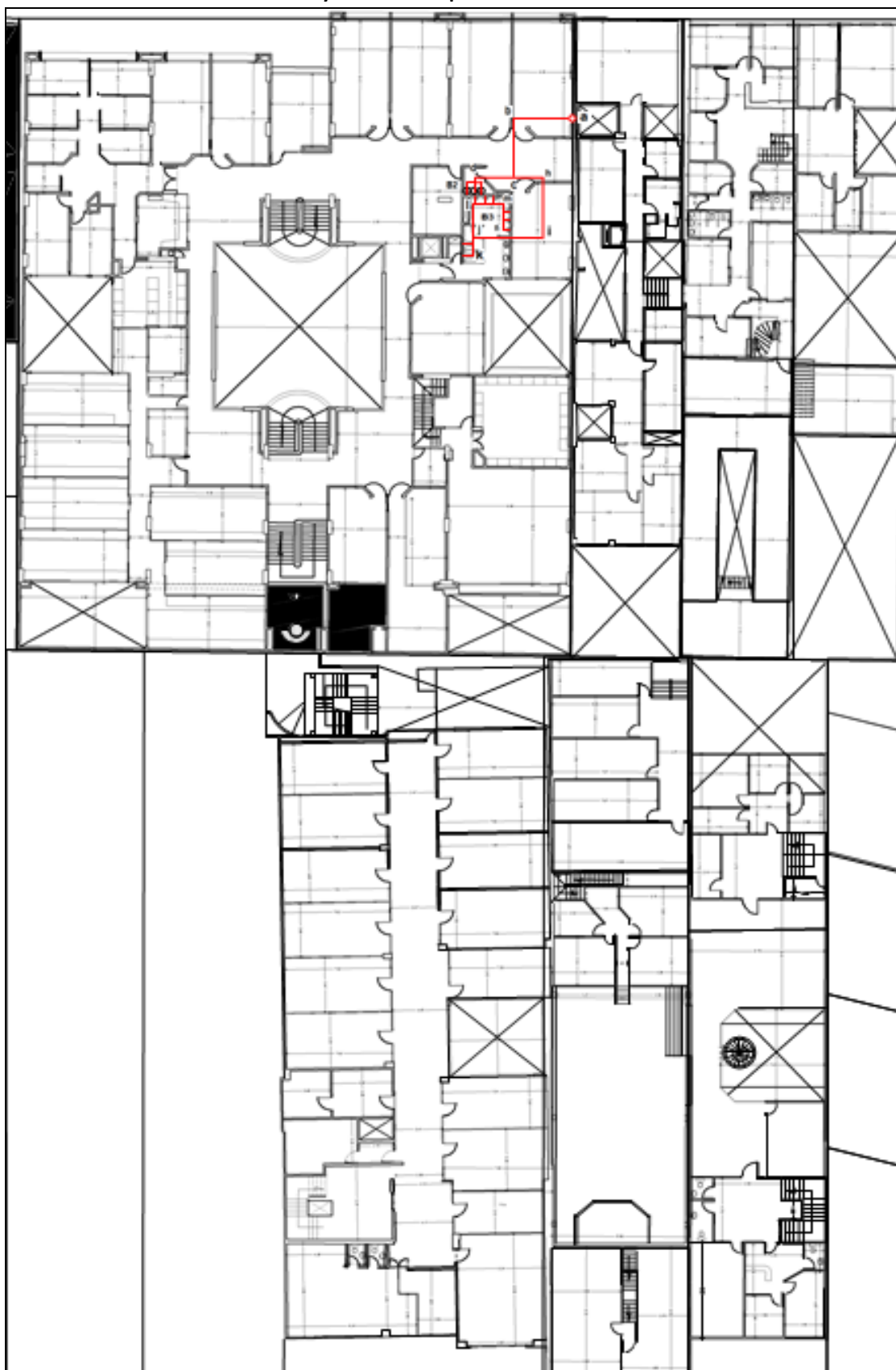


Fuente: Autor

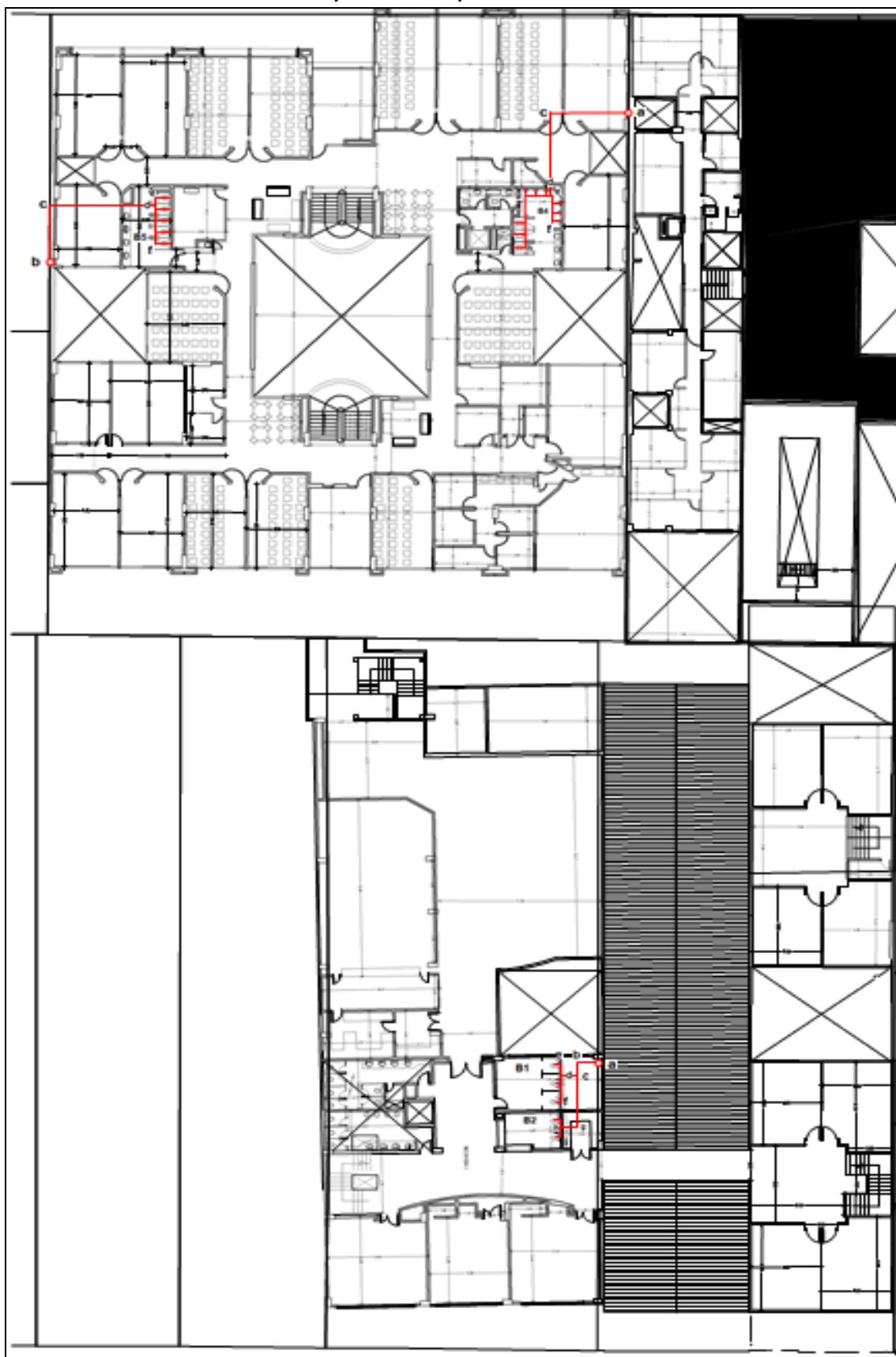
Anexo 2. Plano sedes Caldas Bolívar y Santander 1 piso.



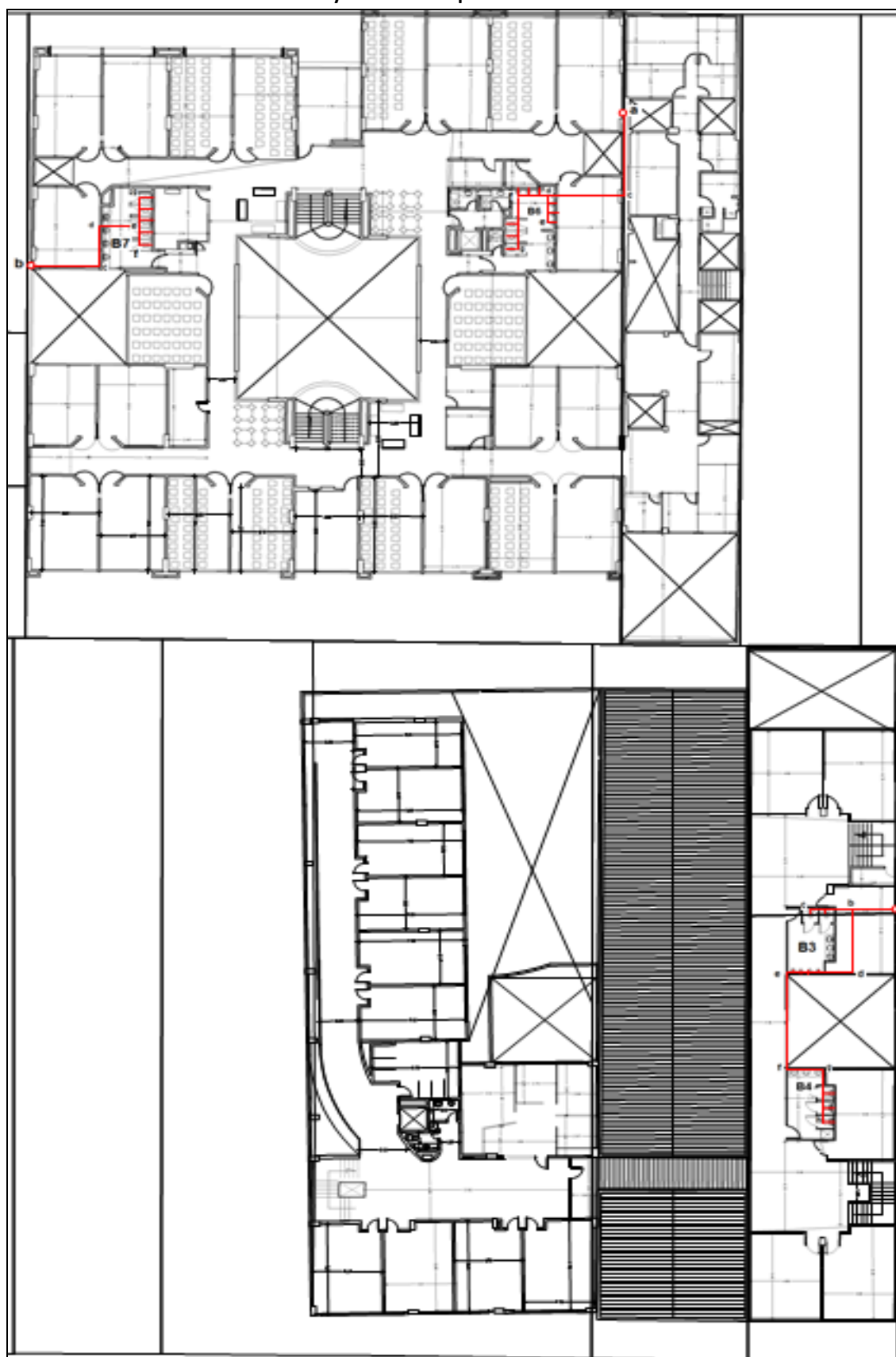
Anexo 3. Plano sedes Caldas Bolívar y Santander 2 piso.



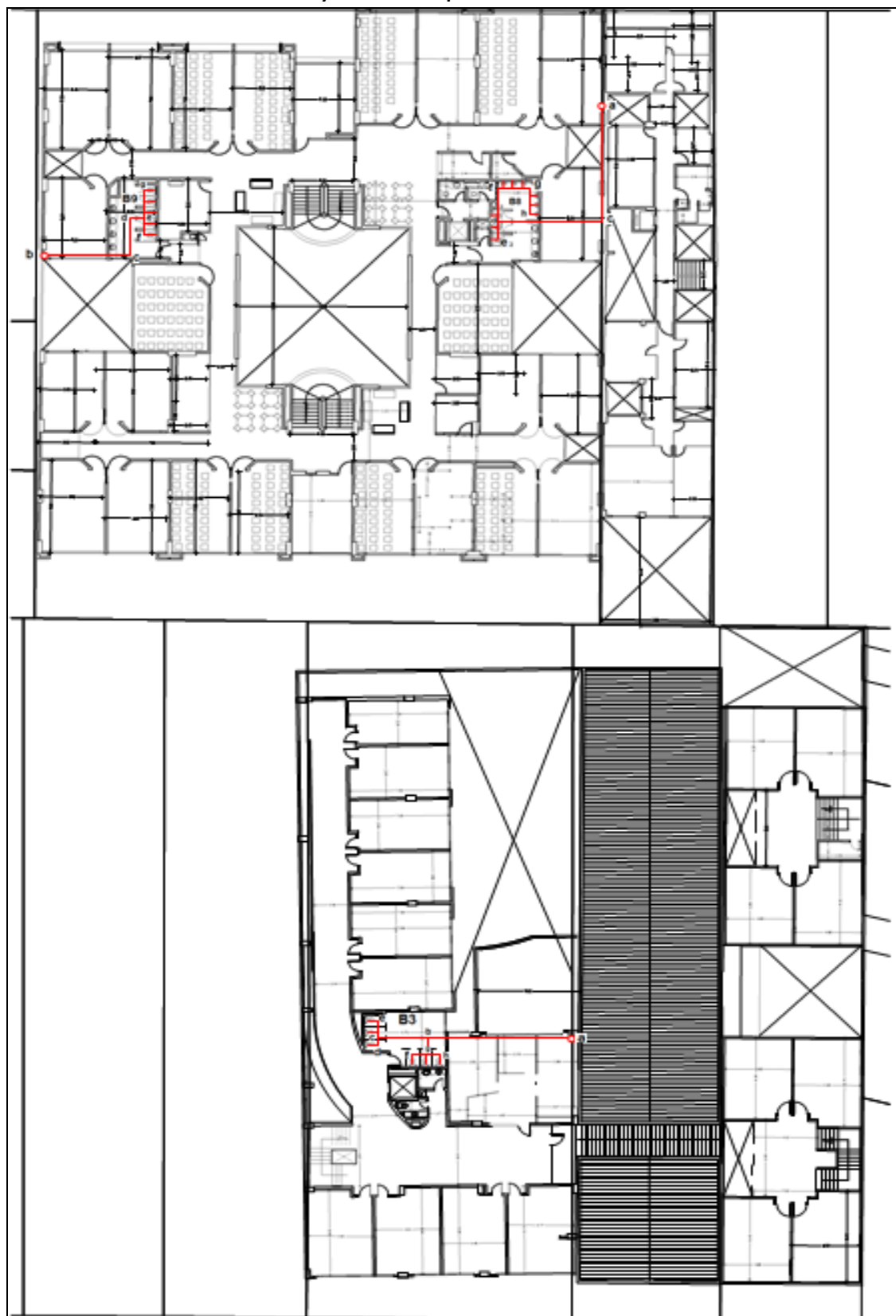
Anexo 4. Planos Sedes Caldas Bolívar y Santander 3 piso



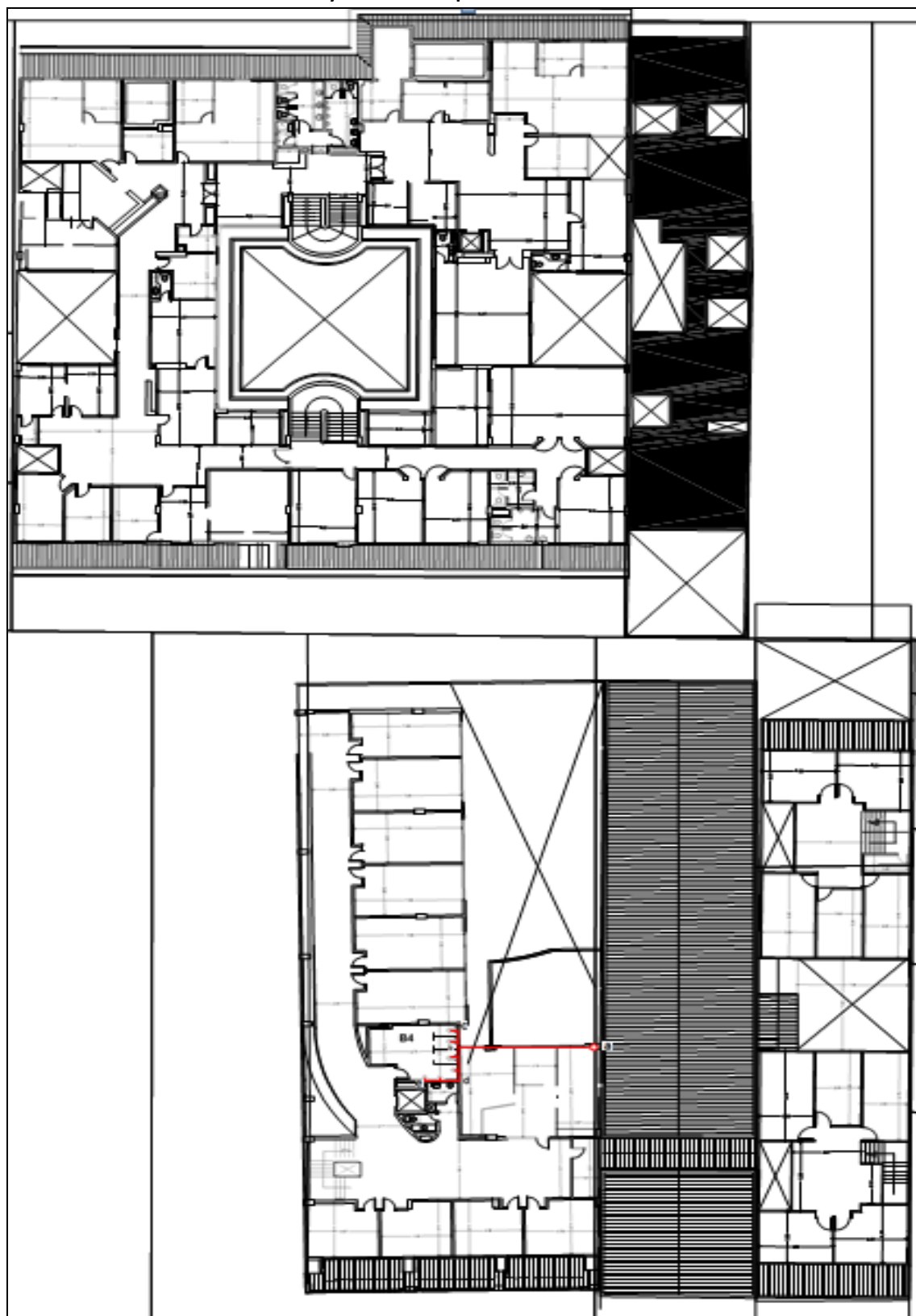
Anexo 5. Planos sedes Bolívar Caldas y Santander 4 piso



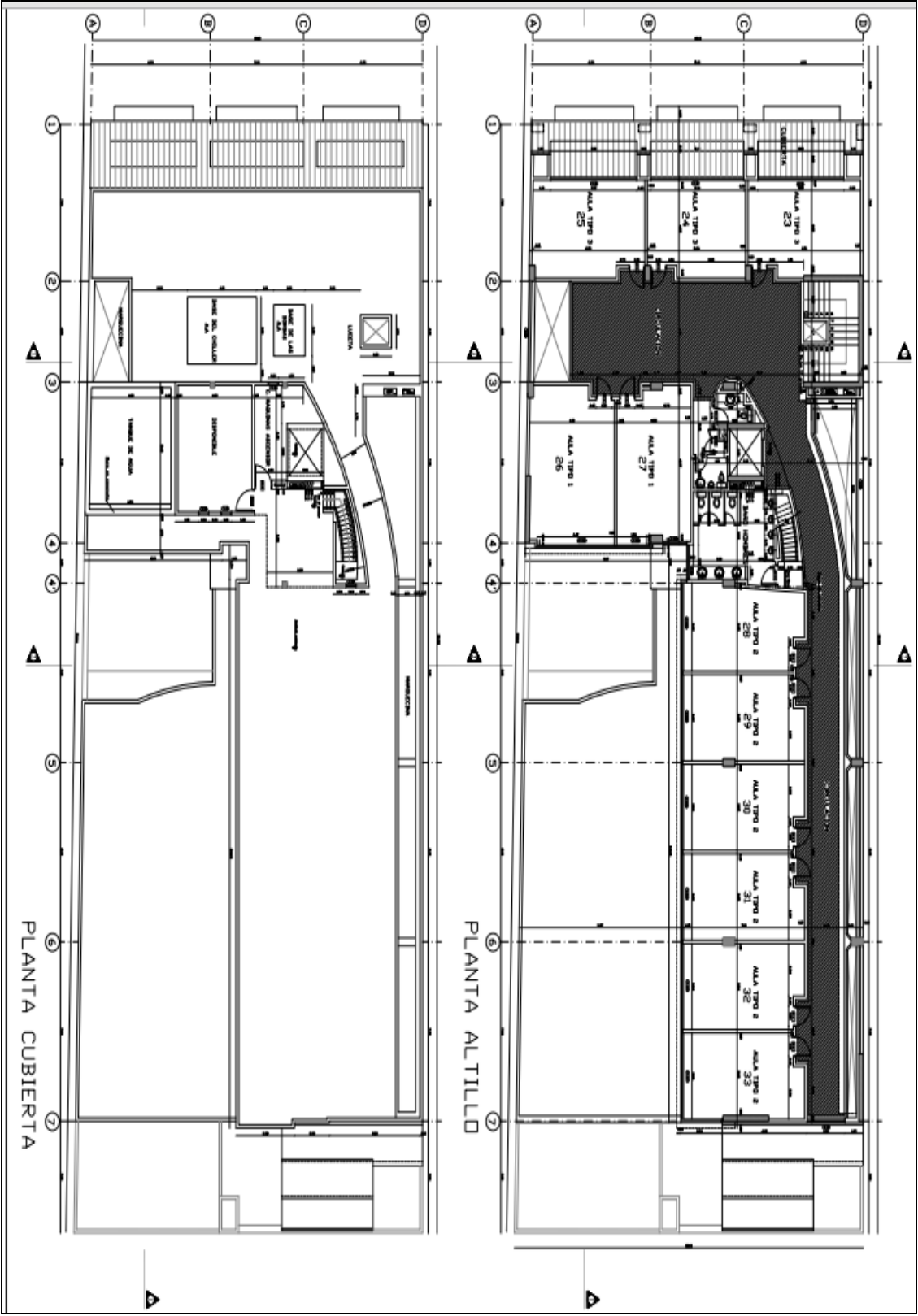
Anexo 6. Plano sedes Bolívar caldas y Santander 5 piso



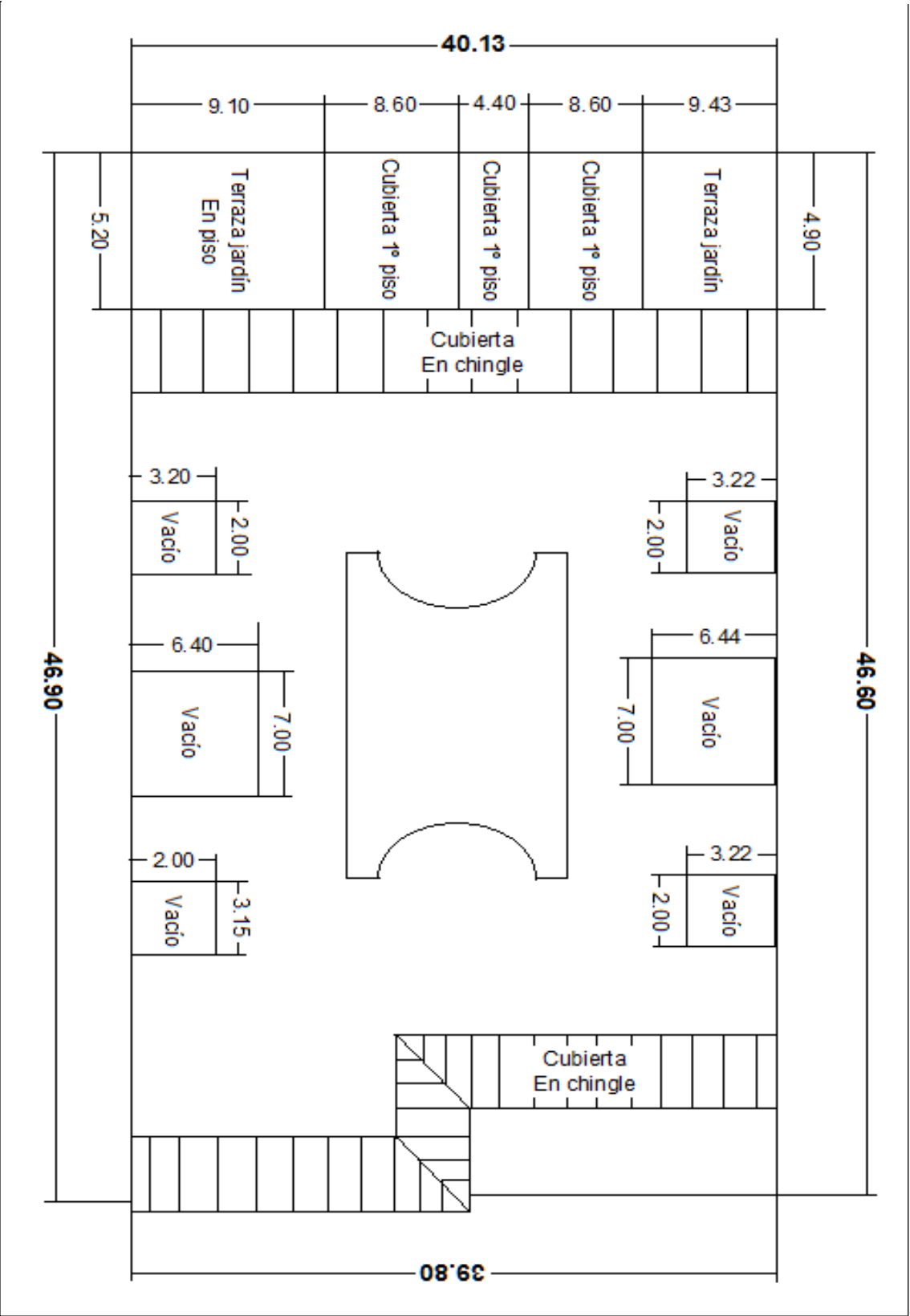
Anexo 7. Plano sedes Bolívar caldas y Santander 6 piso.



Anexo 8. Plano Planta área bajo cubierta y corte 1 Santander



Anexo 9.Cubiertas útiles sede Bolívar. (Medidas tomadas de planos en medio físico).



Anexo 10. Altura entre pisos para las tres sedes. (Medidas tomados sobre planos físicos).

