ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROTOCOLOS Y PRÁCTICAS ACADÉMICAS DEL EQUIPO HYDROLOGY APPARATUS P6530

EDWAR ARMANDO OSPINA JACANAMIJOY

KAREM LORENA GARCÍA TORRES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTA D.C

2020

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROTOCOLOS Y PRÁCTICAS ACADÉMICAS DEL EQUIPO HYDROLOGY APPARATUS P6530

EDWAR ARMANDO OSPINA JACANAMIJOY

KAREM LORENA GARCÍA TORRES

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGOS EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

DIRECTOR

HELMUT ESPINOSA GARCÍA

INGENIERO FORESTAL

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTA D.C

2020

DEDICATORIA

A nuestros Padres Julio García, Nubia Torres, Mauricio Ospina y Maricela Jacanamijoy por guiarnos y apoyarnos a cumplir nuestros sueños, a nuestros docentes que en este camino del saber nos guiaron con pasión y compromiso, a nuestra familia y amigos los cuales nos acompañaron y nos permitieron vivir gratas experiencias a su lado y finalmente a Dios por unirnos como compañeros y como pareja para no solo sacar adelante este trabajo de grado y nuestras carreras sino también todas aquellas metas que nos propongamos a futuro.

AGRADECIMIENTOS

Nos encontramos terminando una importante etapa de nuestras vidas, es por esto que queremos agradecer a las personas que hicieron parte de esta gran experiencia, especialmente a nuestras familias y padres por su apoyo incondicional y dedicación para sacarnos adelante como excelentes personas y profesionales.

Gracias a todos nuestros docentes por su acompañamiento constante, por transmitirnos sus conocimientos y por formarnos como profesionales integrales, en especial nuestro director de trabajo de grado, el docente Helmut Espinosa por dedicarnos su tiempo y brindarnos su ayuda para sacar adelante este trabajo de grado de la mejor manera posible.

Finalmente, gracias a la Universidad Distrital por permitirnos hacer parte de esta institución que nos recibió y nos permitió vivir gratas experiencias junto a grandes compañeros que se quedaran siempre en nuestros mejores recuerdos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN……..1

ABSTRACT……3

INTRODUCCIÓN……..4

1. OBJETIVOS……...6

1.1. Objetivo general……..6

1.2. Objetivos específicos……..6

2. ANTECEDENTES……6

3. MARCOS DE REFERENCIA……..8

3.1. Marco teórico……8

3.1.1. Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas (MICH)……8

3.1.2. Modelación hidrológica……8

3.1.3. Balance hídrico……..9

3.1.4. Caudal……..10

3.1.5. Principio de los vasos comunicantes……10

3.1.6. Precipitación……10

3.1.7. Escorrentía……11

3.1.8. Infiltración……..11

3.1.9. Humedad del suelo…….12

3.2. Marco geográfico……12

3.3. Marco institucional…….13

3.3.1. Laboratorio de modelación ambiental……...13

3.3.1.1. Misión……...13

3.3.1.2. Visión……13

3.3.2. Grupo de investigación PROGASP GAIA…….14

3.3.2.1 Misión……14

3.3.2.2. Visión……14

3.3.3. Semillero Desarrollo, Ruralidad y Municipio (DRM)……15

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN……15

4.1. Tipo de investigación……..15

4.2. Fases de la investigación…….15

4.2.1. Fase 1. Revisión documental y análisis instrumental……17

4.2.2. Fase 2. Operaciones previas al uso……17

4.2.3. Fase 3. Desarrollo de los experimentos…….18

4.2.4. Fase 4. Implementación del documento guía…….19

4.2.5. Fase 5. Socialización……..19

5. RESULTADOS…….20

5.1. Descripción general del equipo……...20

5.1.1. HYDROLOGY APPARATUS P6530……...20

5.1.2. Especificaciones técnicas y límites del sistema…….21

5.1.2.1 Dimensiones del equipo……...……..21

5.1.2.2. Límites del sistema……...21

5.1.2.3. Especificaciones técnicas del medio permeable……...22

5.1.2.4. Parámetros del agua utilizada por el equipo…….23

5.1.3. Descripción de los subsistemas…….24

5.1.3.1. Subsistema de riego y agua subterránea……...25

5.1.3.1.1. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea……25

5.1.3.2. Subsistema de almacenamiento y drenaje…….…….27

5.1.3.2.1. Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje…….28

5.1.3.3. Subsistema eléctrico……..30

5.1.3.3.1. Componentes subsistema eléctrico……31

5.1.3.4. Subsistema de Medición……...32

5.1.3.4.1. Componentes del subsistema de medición……33

5.1.4. Accesorios……..36

5.1.4.1. Cerramientos circulares abiertos y cerrados…….36

5.1.4.2. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados……...37

5.1.4.3. Cofferdam…….38

5.1.4.4. Deflectores impermeables…….39

5.1.4.5. Formadores de gradiente……...40

5.1.4.6. Gato de tijera…….41

5.1.4.7. Herramienta de perfilado……..41

5.1.4.8. Lámina de plástico u hoja de polvo de polietileno……...42

5.1.4.9. Modelo de puente de muelle…….42

5.1.4.10. Pala……..43

5.1.4.11. Paleta llana……..43

5.1.4.12. Palustre……43

5.1.4.13. Parafina blanca……44

5.1.4.14. Par de cortinas…….44

5.1.4.15. Puntas de boquillas de rociado……45

5.1.4.16. Tapones de pozo…….46

5.1.4.17. Tornillos moleteados……...47

5.1.5. Operaciones previas al uso y configuración preliminar……48

5.1.5.1. Ubicación……..48

5.1.5.2. Instalación…….49

5.1.5.3. Conexión……...49

5.1.5.4. Procedimiento de encendido…….50

5.1.5.5. Procedimiento de apagado……...…….51

5.1.6. Cuidados básicos y mantenimiento……51

5.1.6.1. Almacenamiento……...……51

5.1.6.2. Precauciones…….52

5.1.6.2.1. Plotters……..52

5.1.6.3. Riesgos……..53

5.1.6.3.1. Riesgos generales……..53

5.1.6.3.1.1. Señalización piso húmedo…….54

5.1.6.3.1.2. Señalización riesgo indeterminado……...54

5.1.6.3.2. Riesgos eléctricos…….55

5.1.6.3.2.1. Señalización……..55

5.1.6.3.3. Riesgo mecánico……...55

5.1.6.3.3.1. Señalización……..56

5.1.6.4. Mantenimiento preventivo……56

5.1.6.4.1 Lavado del tanque de suministro……...56

5.1.6.4.1.1. Para realizar el lavado del tanque…….57

5.1.6.4.1.2. Recomendación…….……58

5.1.6.4.2. Esterilización del sistema……..59

5.1.6.4.2.1. Recomendación…….60

6. DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS……...60

6.1. Experimento 1. Capacidad de infiltración…….....62

6.1.1. Introducción……...……62

6.1.2. Objetivo……..62

6.1.3. Preparación del equipo……...62

6.1.4. Procedimiento……63

6.1.5. Proceso de recolección de datos del experimento 1……..64

6.1.6. Actividades y funciones…….....64

6.1.6.1. Persona 1……...64

6.1.6.2. Persona 2……...64

6.1.6.3. Persona 3……...64

6.1.6.4. Persona 4……...65

6.1.6.5. Persona 5...……65

6.1.7. Modelo matemático experimento 1……...65

6.1.7.1. Intensidad de la precipitación para cada lectura

del caudal de agua lluvia……..…….65

6.1.7.1.1. Gráfica experimento 1……65

6.1.7.2. Tasa de infiltración hasta la saturación…….……66

6.1.9. Tabulación de datos experimento 1……...67

6.2. Experimento 2. Déficit de humedad del suelo y escorrentía……..68

6.2.1 Introducción……68

6.2.2. Objetivo……..69

6.2.3. Preparación del equipo……...69

6.2.4. Procedimiento……70

6.2.5. Proceso de recolección de datos del experimento 2……...71

6.2.6. Actividades y funciones…….71

6.2.6.1. Persona 1……...71

6.2.6.2. Persona 2……...71

6.2.6.3. Persona 3……...71

6.2.6.4. Persona 4……...71

6.2.6.5. Persona 5……...72

6.2.7. Tabulación experimento 2……..72

6.3. Experimento 3. Mecánica fluvial de un lecho de río……..75

6.3.1. Introducción……...75

6.3.2. Objetivo……..75

6.3.3. Preparación del equipo……...75

6.3.4. Procedimiento……76

6.3.5. Proceso de recolección de datos del experimento 2……...78

6.3.6. Actividades y funciones…….78

6.3.6.1. Persona 1……...78

6.3.6.2. Persona 2……...78

6.3.6.3. Persona 3……...78

6.3.6.4. Persona 4……...78

6.3.6.5. Persona 5……...78

6.4. Evidencia fotográfica...……...79

7. IMPLEMENTACIÓN DEL DOCUMENTO GUIA…….80

7.1. Propósito del manual……...80

7.2. Alcance del manual…….81

7.3. Estructura del manual…….81

7.3.1. Capítulo I. Reconocimiento del Equipo

HYDROLOGY APPARATUS P6530……81

7.3.2. Capítulo II. Operaciones previas al uso…….81

7.3.3. Capítulo III. Configuración preliminar……..82

7.3.4. Capítulo IV. Procedimiento de medición……..82

7.3.5. Capítulo V. Prácticas académicas……..82

7.3.6. Capítulo VI. Visualización de datos……..82

7.3.7. Capitulo VII. Cuidados básicos y mantenimiento…….82

8. SOCIALIZACIÓN……83

8.1. Primera práctica……..85

8.2. Segunda práctica…….86

9. CONCLUSIONES…….87

10. RECOMENDACIONES……89

11. REFERENCIAS…….90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fases del proyecto……...16

Tabla 2. Dimensiones del equipo……..21

Tabla 3. Límites del sistema…….22

Tabla 4. Características del medio permeable……..23

Tabla 5. Parámetros del agua……24

Tabla 6. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea…….27

Tabla 7. Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje……..30

Tabla 8. Componentes subsistema eléctrico…….31

Tabla 9. Componentes del subsistema de medición…….36

Tabla 10. Especificaciones experimento 1……..63

Tabla 11. Tiempo de saturación experimento 1……67

Tabla 12. Tabulación experimento 1…….68

Tabla 13. Especificaciones experimento 2……...69

Tabla 14. Fase de descarga de pozo……..72

Tabla 15. Fase de precipitación…….74

Tabla 16. Especificaciones experimento 3……76

Tabla 17. Abreviaturas demostración lecho de río serpenteante...……..77

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Ubicación sede Ciudadela Universitaria El Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas. [Mapa satelital]. Google earth…….12

Ilustración 2. Vista frontal del Hydrology Apparatus P6530……...20

Ilustración 3. Subsistema de riego y agua subterránea…….25

Ilustración 4. Subsistema de almacenamiento y drenaje……..27

Ilustración 5. Subsistema eléctrico……...30

Ilustración 6. Subsistema de medición frontal…….32

Ilustración 7. Subsistema de medición tablero de manómetros perpendiculares...……..32

Ilustración 8. Subsistema de medición boquillas de rociado……33

Ilustración 9. Cerramientos circulares abiertos y cerrados……...37

Ilustración 10. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados……...38

Ilustración 11. Cofferdam…….38

Ilustración 12. Deflectores impermeables……40

Ilustración 13. Formadores de Gradiente……40

Ilustración 14. Gato de tijera……41

Ilustración 15. Herramienta de perfilado……..42

Ilustración 16. Modelo de puente de muelle……42

Ilustración 17. Pala……...43

Ilustración 18. Paleta llana……...43

Ilustración 19. Palustre…….44

Ilustración 20. Parafina blanca…….44

Ilustración 21. Par de cortinas plásticas……...45

Ilustración 22. Puntas de boquillas de rociado……46

Ilustración 23. Tapones de pozo……...47

Ilustración 24. Tornillos moleteados……47

Ilustración 25. Plano de ubicación del Hydrology Apparatus en el laboratorio de Modelación……48

Ilustración 26. Conexión……..49

Ilustración 27. Plotter……...53

Ilustración 28. Piso húmedo……54

Ilustración 29. Riesgo indeterminado……...54

Ilustración 30. Riesgo Eléctrico……...55

Ilustración 31. Señalización……56

Ilustración 32. Lavado de tanque……57

Ilustración 33. Antes y después del lavado……..58

Ilustración 34. Plano de Ubicación para el experimento 1……...64

Ilustración 35. Plano de Ubicación para el experimento 2……...71

Ilustración 36. Calibración de vertederos……73

Ilustración 37. Demostración lecho de río serpenteante……...77

Ilustración 38. Plano de Ubicación para el experimento 3……...78

Ilustración 39. Evidencias fotográficas……80

Ilustración 40. Portada Manual de protocolos y prácticas académicas……83

Ilustración 41. Socialización 1 grupo……...85

Ilustración 42. Socialización 2 grupo……...86

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Procedimiento de encendido……50

Diagrama 2. Procedimiento de apagado……...51

Diagrama 3. Procedimiento de lavado……..58

Diagrama 4. Procedimiento de desinfección……59

Diagrama 5. Procedimiento experimento 1……..63

Diagrama 6. Procedimiento experimento 2……..70

Diagrama 7. Proceso experimento 3……76

Diagrama 8. Proceso de socialización……..84

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tasa de infiltración vs tiempo...……..66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de chequeo……96

Anexo 2. Guía

RESUMEN

El Hydrology Apparatus P6530, el cual se encuentra ubicado en el Laboratorio de Modelación Ambiental (LMA) es un equipo de gran importancia para la generación de conocimiento en asignaturas relacionadas con la Hidrología y el Manejo Integral de cuencas Hidrográficas. Sin embargo, este no podía ser utilizado por parte de la comunidad académica para llevar a cabo procesos pedagógicos o de investigación debido al desconocimiento acerca del funcionamiento y manejo del equipo, dadas estas circunstancias se pensó en desarrollar una herramienta que permitiera asegurar un uso confiable y completo del mismo, por esto, con el presente trabajo se planteó como objetivo elaborar el manual de protocolos y prácticas académicas del Hydrology Apparatus P6530 como instrumento de apoyo para el laboratorio de modelación ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Para lograr esto, fueron planteadas 5 fases que fueron desarrolladas de manera progresiva al llevar a cabo una investigación de tipo descriptiva y experimental, por medio del uso de fuentes de información secundarias como recursos bibliográficos y digitales principalmente brindados por el proveedor y de información primaria como la experimentación y la observación, obteniendo finalmente la implementación de un documento guía como lo es el Manual de protocolos y prácticas académicas el cual fue estructurado de manera que sea posible encontrar en él las generalidades del equipo como lo son su descripción, funcionamiento y mantenimiento, así como 3 experimentos para la asignatura de manejo integral de cuencas hidrográficas, haciendo uso a lo largo de este de tablas, diagramas de flujo e ilustraciones que permitieran dimensionar el desarrollo de cada una de estas actividades, para hacer un uso seguro del equipo, el cual garantice el cuidado de este y resguarde la salud de quienes lo manipulen, fomentando así la investigación y el uso de los laboratorios.

Palabras clave: Manejo integral de cuencas hidrográficas, experimentación, prácticas académicas, mantenimiento, subsistemas

ABSTRACT

The Hydrology Apparatus P6530, which is located in the Environmental Modeling Laboratory (LMA), is an equipment of great importance for the generation of knowledge in subjects related to Hydrology and Integrated Watershed Management. However, it could not be used by the academic community to carry out pedagogical or research processes due to the lack of knowledge about the operation and management of the equipment, given these circumstances, it was thought to develop a tool that would ensure a reliable and complete use of it, for this reason, the objective of this work was to elaborate the manual of protocols and academic practices of the Hydrology Apparatus P6530 as a support instrument for the environmental modeling laboratory of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas, to achieve this, 5 phases were proposed that were developed progressively when carrying out descriptive and experimental research, through the use of secondary sources of information such as bibliographic and digital resources mainly provided by the provider and of primary information such as experimentation and observation, finally obtaining the implementation of a guide document such as is the Manual of protocols and academic practices which was structured so that it is possible to find in it the generalities of the equipment such as its description, operation and maintenance, as well as 3 experiments for the subject of integrated watershed management, making use throughout this of tables, flow diagrams and illustrations that allow the development of each of these activities, to make a safe use of the equipment, which guarantees the care of this and protect the health of those who handle it, thus promoting research and the use of laboratories.

Keywords: Integrated watershed management, experimentation, academic practices, maintenance, subsystems

INTRODUCCIÓN

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas(UDFJC), como institución de educación superior se encuentra adelantando un proceso de seguimiento y estimulación de la investigación de manera constante, para el cual la experimentación es un factor de gran importancia para la formación de los estudiantes, ya que esta permite reforzar y adquirir conocimientos, así como garantizar la calidad de la educación al formar profesionales críticos e integrales, dentro de este contexto la UDFJC adquirió una serie de equipos para dotar los laboratorios de la sede Ciudadela el Porvenir, entre los cuales se encuentra el Hydrology Apparatus p6530, este, toma importancia como base de conocimiento dentro del Laboratorio de Modelación Ambiental (LMA) para el complemento y refuerzo de asignaturas relacionadas con la hidrología y el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas (MICH), ya que este ha sido diseñado para permitir a los estudiantes y docentes realizar experimentos en un sistema hidrológico en pequeña escala que permita demostrar los procesos hidrológicos físicos básicos relacionados con la precipitación, la escorrentía y el almacenamiento para una zona de captación permeable (Cussons Technology Ltd, 2014). Sin embargo, al ser este un equipo nuevo proveniente de otro país como lo es Inglaterra, se evidencia un inconveniente para hacer uso de este, debido a que las herramientas con las que se cuenta se encuentran en idioma inglés o no resultan suficientes por lo que se presenta desconocimiento acerca de la finalidad, adecuado funcionamiento y manejo del equipo para llevar a cabo el desarrollo de las diferentes prácticas académicas que este ofrece, al igual que para realizar acciones básicas como el encendido, apagado, instalación, conexión y mantenimiento del mismo, lo cual puede llegar a representar un peligro para la personas que lo manipulen al hacerlo de manera incorrecta, ya sean estudiantes, docentes o auxiliares de laboratorio, del mismo modo como se puede generar la obtención de datos erróneos y poco

confiables e incluso generar daños al equipo, que podrían representar la pérdida total o parcial de este como recurso de aprendizaje.

Por lo expuesto anteriormente, con el presente trabajo de grado se buscó hacer un aporte al LMA con el fin de fortalecer y propiciar los espacios de investigación por parte de quienes integran la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos, tratando de darle solución a la pregunta ¿Cuáles son los protocolos que se deben tener en cuenta antes, durante y después de hacer uso del hydrology apparatus P6530 para desarrollar las prácticas relacionadas con el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas en el Laboratorio de Modelación Ambiental?.

Por esta razón, se llegó a la determinación de llevar a cabo la elaboración de un manual de protocolos y prácticas académicas del Hydrology Apparatus P6530 bajo el modelo de propuesta para manual de protocolos del Sistema Integrado de Gestión de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (SIGUD), para que sirva como un instrumento que permita ejemplificar e ilustrar a los estudiantes y docentes sobre los conocimientos básicos necesarios sobre el equipo, para que puedan darle un correcto uso y así mismo de manera segura y confiable desarrollar las prácticas académicas planteadas en el manual de instrucciones proporcionado por Cussons Technology Ltd, con el principal fin de aportar de esta manera tanto al cuidado y mantenimiento del Hydrology Apparatus P6530, como a la seguridad y obtención de conocimientos por parte de los tecnólogos en gestión ambiental y servicios públicos ya que esto tiene un gran incidencia dentro de su formación y aplicación en el campo laboral además también será de beneficio para quienes hacen parte las diferentes carreras de la facultad de medio ambiente y recursos naturales que deseen utilizarlo ya que con este documento tendrán una herramienta que les servirá de apoyo al momento de la manipulación, almacenamiento y desinfección del equipo, todo esto en

aras de aportar a la UDFJC en el cumplimiento de su objetivo de mantener la construcción constante de conocimientos de calidad.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general:

Elaborar el manual de protocolos y prácticas académicas del Hydrology Apparatus P6530 como instrumento de apoyo para el laboratorio de modelación ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.2 Objetivos Específicos:

- Realizar una revisión técnica del equipo utilizando la información suministrada por el proveedor.
- Determinar las operaciones previas al uso y la configuración preliminar del equipo.
- Desarrollar una guía orientadora para facilitar el desarrollo de cada una de las prácticas académicas relacionadas con cuencas hidrográficas con el equipo Hydrology Apparatus P6530.
- Socializar la guía elaborada con los estudiantes del espacio académico de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas correspondientes a la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

ANTECEDENTES

Dentro de los laboratorios de la facultad de medio ambiente y recursos naturales se han desarrollado diferentes monografías y pasantías internas, las cuales tratan sobre los diferentes equipos que ha obtenido la UDFJC para el uso de estos por parte de sus estudiantes, docentes y auxiliares que tienen como finalidad ampliar y afianzar el conocimiento visto en las aulas de

clases de diferentes asignaturas un ejemplo de esto se puede dar en el laboratorio de servicios públicos, el cual ha sido dotado con diferentes equipos con los cuales han surgido problemáticas a causa de que provienen de empresas extranjeras o no se cuenta con información suficiente sobre el equipo como para poder llevar a cabo de manera confiable su uso de manera práctica, por esta razón esto los estudiantes en compañía de docentes y auxiliares han elaborado diferentes manuales y guías para prácticas académicas que sirven como herramientas para el desarrollo de actividades de investigación y el reconocimiento de los equipos y su importancia como generadores de conocimiento para las carreras que integran la facultad como ejemplo de lo expresado anteriormente podemos ilustrar los siguientes ejemplos:

- Manual de Procedimientos del Pluviómetro ISCO 674 del Laboratorio de Servicios Públicos, cuyo objetivo era:

  > Formular el manual de operación y prácticas de laboratorio del Pluviómetro 674 del laboratorio de servicios públicos, que permitan el aporte de conocimiento de las cuencas hidrográficas, al medir las intensidades de las lluvias que son un factor determinante para predecir y simular riesgos. (Bocanegra & Cuervo, 2015, p.14).

- Manual de protocolo del Equipo "RiverSurveyor de Sontek–M9" con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos, cuyo objetivo era:

  > Estructurar el conjunto de protocolos requeridos para el desarrollo de prácticas de carácter batimétrico con apoyo del equipo RiverSurveyor de Sontek M9 que contribuya a los procesos de enseñanza-aprendizaje en el Laboratorio de Servicios Públicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas." (Vanegas & López, 2016, p.12).

- Manual de procedimientos para el uso práctico del banco de aprendizaje de energía eólica en el laboratorio de servicios públicos sede el porvenir, cuyo objetivo era: "Elaborar una guía de

procedimientos para la utilización del banco de energía eólica del laboratorio de servicios públicos de la sede del Porvenir" (Morales, 2018, p.11)

3. MARCOS DE REFERENCIA

3.1 Marco teórico

3.1.1 Manejo integral de cuencas hidrográficas (MICH):

El agua a pesar de ser considerada un bien cuyo acceso es un derecho humano en nuestra vida y actividades diarias, no debe ser analizada solo desde el punto de vista antropocéntrico, pues esta, también es parte vital en el desarrollo de la naturaleza, la tierra, los animales, los bosques y en general de nuestro ambiente (Garros & Safar, 2020). Por esta razón, es importante resaltar la importancia del manejo integrado de cuencas hídricas, ya que este:

> Involucra dos acciones principales. Por un lado, las orientadas al aprovechamiento de los recursos naturales (usarlos, transformarlos y consumirlos) presentes en la cuenca para contribuir al crecimiento económico; por otro, las orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos y protegerlos) con la finalidad de asegurar la sustentabilidad del ambiente (Ferrer & Torrero, 2015, p.617).

Por lo que resulta fundamental que las cuencas hidrográficas sean entendidas como una unidad básica para el análisis ambiental, ya que estas nos permiten no solo conocer y evaluar sus diversos componentes sino también los procesos e interacciones que en ella se llevan a cabo. (Braz, García, Pinto, Chávez & Oliveira, 2020)

3.1.2. Modelación hidrológica:

La modelación tiene como propósito representar la realidad que percibimos, para que posteriormente por medio de la formulación teórica podamos realizar hipótesis a partir de la observación de los procesos de esa realidad, para de este modo poder finalmente cuantificar las

magnitudes que los caracterizan (Hernández, 2017). Por lo que esta resulta ser una metodología que fundamentada en funciones matemáticas empíricas y conceptuales se basa en la simulación de sistemas físicos (Mena, 2009). En estos modelos hidrológicos el sistema físico que generalmente se representa es la cuenca hidrográfica y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, de esta manera un modelo matemático resulta ser de utilidad al llevar a cabo la toma de decisiones, para lograr esto es necesario tener conocimiento acerca de las entradas y salidas de un sistema, obteniendo como resultado más común el hidrograma o hidrograma de escurrimiento. (IDEAM, s. f.)

3.1.3. Balance hídrico:

El balance hídrico cumple un función importante en la planificación y proyección de las poblaciones teniendo en cuenta sus recursos hídricos, ya que esta nos permite adquirir conocimientos acerca de un afluente y su capacidad para abastecer poblaciones aledañas que se ven beneficiadas con el recurso, pues desde la teoría nos permite realizar determinaciones acerca del uso de los afluentes en busca de garantizar el uso racional de los mismos en un espacio y un tiempo determinado (Díaz & Alarcón, 2018). Por consiguiente, el balance hídrico, al derivarse del concepto de balance de materia tiene como principal finalidad mantener el equilibrio entre aquellos recursos hídricos de un sistema que entran y salen del mismo en un determinado periodo de tiempo (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2019). Por lo cual, ya que el ciclo hidrológico no tiene fin e implica un cambio y transporte continuo de grandes masas de agua de un lugar a otro y en diferentes estados físicos, el balance hídrico nos permite establecer límites tanto espaciales como temporales con el fin de poder realizar los estudios correspondientes acerca de los caminos que toma el agua. (Bárcenas, 2017; Tapia, 2016)

3.1.4. Caudal:

"Se define como la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo" (Resolución 0330, 2017, p.161). Por lo tanto, como afirma Pérez (2018) "cuanto más fluido circule por una conducción durante un segundo mayor será el caudal."(p.15). Este término es determinado desde la hidrología como elemento para poder llevar a cabo el diseño de obras relacionada con el aprovechamiento y protección del agua, como lo son las represas, canales, acueductos, entre otros (López, 2017).

3.1.5. Principio de los vasos comunicantes:

Como lo indica Pérez (2016), los vasos comunicantes se pueden obtener si se conecta por su parte inferior varios recipientes entre sí, sin importar su forma ni tamaño, ya que al verter un líquido en estos, el nivel alcanzado por este será el mismo para todos los recipientes. Esto sucede porque según lo establece el principio de pascal, la presión debe ser la misma en todos los puntos. Según Mott (2006), en la paradoja de pascal el cambio de presión únicamente depende de dos factores, los cuales son la elevación y el tipo de fluido, no del tamaño del contenedor, por consiguiente, todos los contenedores tendrán la misma presión en su interior, a pesar de que contengan volúmenes diferentes del fluido. Por esto, este principio forma parte de diferentes accionamientos hidráulicos, en el caso del presente trabajo de grado, es importante mencionar que es bajo este principio que funcionan los manómetros que hacen parte del Hydrology Apparatus P6530, permitiendo que estos nos indiquen a qué altura se encuentra el nivel de agua dentro del tanque de arena o los vertederos.

3.1.6. Precipitación:

La precipitación según la Resolución 0330 de 2017 puede ser definida como la "cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado" (p.174), esta se genera en el

momento en que el sol proporciona la energía para elevar el agua lo cual se conoce como evaporación y posteriormente la gravedad terrestre genera que el agua condensada descienda a la superficie (Ordoñez, 2011).

3.1.7. Escorrentía:

Como lo indica la Resolución 0330 de 2017, la escorrentía se define como el "volumen de llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia" (p.165). Por otro lado, desde el punto de vista de Cussons Technology Ltd (2014) la escorrentía superficial se producirá haciendo fluir el agua sobre la superficie en dirección descendente hasta arroyos y ríos, cuando las precipitaciones superan la tasa máxima de infiltración. Lo cual tiene relación con lo que afirman Trapote & Fernández (2016), para quienes el umbral de la escorrentía corresponde a la cantidad de precipitación en mm, la cual el terreno no es capaz de infiltrar, razón por la que esta discurre sobre la superficie en flujo difuso.

3.1.8 Infiltración:

Cuando hay una precipitación parte de esta lluvia según Cussons Technology Ltd (2014); se infiltra por el suelo, la velocidad del agua que se infiltrara va a depender del tipo de suelo, el suelo arcilloso pesado por ejemplo, puede resistir una mínima parte de la infiltración, mientras que los arenosos son altamente porosos por lo cual tienen una alta capacidad de infiltración. La infiltración entonces se entiende como la capacidad que tiene el suelo para absorber parte de la precipitación o irrigación (Sánchez et al., 2018). Con el transcurrir del tiempo la infiltración irá saturando el suelo, a medida que la velocidad de este aporte empiece a exceder la capacidad del mismo para absorber agua esta se acumulara sobre la superficie (Montero & Jiménez, 2016).

3.1.9. Humedad del suelo:

La humedad del suelo se puede expresar como la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo, esta influye en muchas propiedades físicas como lo son la densidad aparente, espacio poroso, compactación, consistencia, etc. Además, es muy dinámica y depende de diferentes variables como el clima, vegetación y profundidad (Flores & Alcalá, 2010). Según Botía (2015) el contenido de humedad de un suelo corresponde a la relación que existe entre la masa de agua que logra alojarse al interior de una estructura porosa de suelo, y la masa propia de las partículas de suelo.

3.2. Marco geográfico:

La pasantía interna se desarrolló al interior del laboratorio de modelación ambiental, el cual pertenece a la sede Ciudadela Universitaria El Porvenir de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ubicada en la localidad de Bosa de Bogotá D.C.



Ilustración 1. Ubicación sede Ciudadela Universitaria El Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas. [Mapa satelital]. Google earth

3.3. Marco institucional:

3.3.1 Laboratorio de Modelación Ambiental

El Laboratorio de Modelación Ambiental, el cual presta sus servicios a todos los estudiantes de las diferentes carreras de la universidad Distrital pertenecientes a la facultad de medio ambiente y recursos naturales tiene como misión y visión:

3.3.1.1 Misión:

El laboratorio de **MODELACIÓN AMBIENTAL** de la **Universidad Distrital Francisco José de Caldas**; propende de manera integral por prestar un apoyo de carácter técnico y científico al desarrollo de prácticas académicas, estudios de investigación, asesoría y consultoría, tanto en el sector público como privado, en áreas urbanas y rurales, para los diferentes sectores de la economía; encaminadas a estudiar los fenómenos que a nivel ambiental se pueden presentar en los componentes de agua, aire y suelo, a través de la utilización de software y hardware de última tecnología e innovación tecnológica; relacionados con su alterogenia y factores de resiliencia en las diferentes áreas disciplinares de la ingeniería, encaminadas a resolver problemas que se presentan en el campo ambiental y que entran a contribuir en el mejoramiento de las condiciones de calidad de vida y bienestar de la comunidades en zonas de riesgo y vulnerabilidad. (Laboratorio Modelación Ambiental, 2019)

3.3.1.2 Visión:

El laboratorio de **MODELACIÓN AMBIENTAL** de la **Universidad Distrital Francisco José de Caldas**, se convertirá a mediano plazo en un referente a nivel nacional e internacional, en el estudio de problemas ambientales a través de la utilización de software y hardware de

última tecnología, que propendan de manera estructural, sistémica, holística e integral en proponer soluciones a las dinámicas de contaminación que se presentan en los diferentes sectores de la economía, a través de, estudios de investigación, consultorías y/o asesorías tanto a nivel urbano como rural; como un aporte enmarcado en la responsabilidad social transversa de nuestra alma mater. (Laboratorio Modelación Ambiental, 2019)

3.3.2. Grupo de Investigación PROGASP GAIA

"Es un grupo de investigación perteneciente al proyecto curricular de tecnología en gestión ambiental y servicios públicos de la facultad de medio ambiente y recursos naturales que busca apoyar la investigación y generar nuevos conocimientos dentro de la comunidad." (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, s.f.)

3.3.2.1 Misión:

Definir proyectos de investigación para promover la gestión ambiental y los servicios ambientales. Aplicar los conocimientos técnicos, operativos, ecológicos ambientales y económicos ambientales. Desarrollar estrategias de medición con el fin de crear sistemas eficientes en el manejo de los servicios públicos domiciliarios. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, s.f.)

3.3.2.2 Visión:

"Tener el reconocimiento social y liderazgo nacional e internacional por la calidad del grupo de investigación, por la competitividad, proyección social para un desarrollo armónico y democrático del país, en el marco de la sostenibilidad y la globalización." (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, s.f.)

3.3.3. Semillero Desarrollo, Ruralidad y Municipio (DRM)

Actualmente, como estudiantes activos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas nos encontramos haciendo parte del semillero DRM el cual inició en el año 2008 por iniciativa del Docente Helmut Espinosa García con el proyecto curricular de Gestión Ambiental y servicios públicos, este grupo tiene como finalidad realizar aportes científicos, sociales, tecnológicos y ambientales en la realidad rural con ayuda de los grupos de investigación estudiantil que se van integrando al semillero. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, s.f.)

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación:

Este proyecto se desarrolló mediante una investigación de tipo descriptiva y experimental; descriptiva ya que según Salkind (1998) con esta "se reseña las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio" (Citado en Bernal, 2010, p.113), y experimental ya que esta "*se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio*" (Bernal, 2010, p.123). En lo referente a la finalidad de este trabajo de grado tenemos como objeto de estudio al Hydrology Apparatus P6530, del cual haciendo uso de una revisión de fuentes de información secundaria como recursos bibliográficos y digitales, así como de información primaria como la observación y la experimentación, se buscó identificar cada uno de sus componentes, su funcionamiento, especificaciones técnicas y límites al igual que los protocolos que se deben tener en cuenta antes, durante y después de las prácticas académicas y de investigación que se desarrollen con el equipo, entre muchas otras cosas.

4.2. Fases de la investigación:

Este proyecto será desarrollo mediante la implementación de 5 fases orientadas al cumplimiento de los objetivos específicos propuestos con el fin de dar respuesta al planteamiento problema, estas fases están conformadas de la siguiente manera:

N°	Fase	Actividades
1	**Revisión documental y análisis instrumental.**	● Recolección la información secundaria relacionada con el equipo. ● Descripción general del equipo ● Determinar las especificaciones técnicas y límites del sistema ● Identificación de los subsistemas que componen el equipo y su funcionamiento. ● Descripción de las partes y accesorios del equipo.
2	**Operaciones previas al uso y configuración preliminar**	● Identificar y describir las operaciones a desarrollar previas al uso del equipo. ● Establecer la configuración preliminar. ● Dar a conocer los cuidados básicos y mantenimiento del equipo
3	**Desarrollo de los experimentos**	● Definir el contenido de los experimentos ● Establecer la configuración previa del equipo para cada experimento ● Establecer el procedimiento a seguir para el desarrollo de cada experimento. ● Elaborar la lista de chequeo ● Designar la ubicación y actividades a realizar por cada persona durante cada experimento. ● Plantear las tablas para datos y explicar las fórmulas
4	**Implementación del documento guía.**	● Propósito del manual ● Alcance del manual ● Estructura del manual ● Ilustración de la guía
5	**Socialización**	● Desarrollar material informativo de introducción al equipo para los estudiantes de cuencas hidrográficas. ● Acondicionar los espacios para el desarrollo de las prácticas. ● Guiar a los estudiantes en el desarrollo de la práctica.

Tabla 1. Fases del proyecto

Fuente: Autores

4.2.1. Fase 1. Revisión Documental y análisis instrumental:

En esta fase haciendo uso de los documentos tanto físicos como digitales proporcionados por la universidad como los videos de la capacitación realizada a docentes y estudiantes por el personal de la empresa ICL DIDACTICA Ltda, al igual que los proporcionados por el proveedor como el manual de instrucciones de Cussons Technology Ltd del cual se procedió a realizar la respectiva traducción y posterior lectura y revisión de manera detallada, de esta manera y con la ayuda de la observación y trabajo práctico guiado por el docente y la auxiliar de laboratorio se identificó principalmente la finalidad del equipo, sus especificaciones técnicas y límites permisibles, su principio de funcionamiento, subsistemas y sus componentes.

4.2.2 Fase 2. Operaciones previas al uso y configuración preliminar:

Con ayuda de lo establecido en el manual de instrucciones de Cussons Technology, haciendo uso repetidas veces del equipo y teniendo en cuenta el espacio establecido para el mismo dentro del laboratorio de Modelación Ambiental fue posible definir operaciones previas al uso del Hydrology Apparatus P6530 como lo son la instalación y conexión, identificando simultáneamente las respectivas correcciones de lo planteado en el manual de instrucciones, teniendo en cuenta las adecuaciones hechas al equipo por el proveedor para que este funcionara con el voltaje y frecuencias de Colombia ya que este viene de Inglaterra posteriormente se sintetizó por medio de diagramas de flujo la configuración preliminar del equipo dentro de la cual se encuentran el correcto encendido y apagado de este, indicando su respectivo procedimiento y actividades a realizar. Finalmente, se identificó los riesgos que se corren al momento de llevar a cabo las prácticas académicas, asignándoles su respectiva señalización y respectivas precauciones a tener en cuenta por parte de quienes van a trabajar con el equipo para evitar que se presente cualquier clase de accidentes. De igual manera, siguiendo las indicaciones

dadas en el capítulo de mantenimiento del manual de instrucciones (capítulo 9) y lo aprendido durante el trabajo con el equipo se enunció el mantenimiento preventivo del equipo, el cual se compone por las instrucciones y recomendaciones para el correspondiente lavado del tanque de suministro y la esterilización del sistema usando como apoyo evidencias fotográficas y diagramas de flujo.

Haciendo uso del equipo se establece el proceso de encendido y apagado, teniendo en cuenta la ubicación y demás variables se establece las operaciones previas a su uso como instalación y conexión, realizando un trabajo en conjunto con la auxiliar de laboratorio se determinó el procedimiento de limpieza y cuidados básicos que se deben tener antes durante y después de usar el equipo.

4.2.3. Fase 3. Desarrollo de los experimentos:

Por medio de la experimentación y observación se llevaron a cabo los experimentos realizando 10 repeticiones de cada uno de ellos, con el fin de que el procedimiento, características y detalles de estos fueran completamente comprendidos, con el fin de establecer cuál sería el contenido necesario que se debe proporcionar a los estudiantes, docentes y auxiliares en cada práctica académica proporcionando principalmente de manera detallada lo correspondiente al procedimiento, la preparación previa del equipo, una lista de chequeo que le ayude a verificar el buen estado y correcta preparación del equipo, así como las tablas y fórmulas que cada experimento requiera para llevar a cabo el análisis de los mismos. De este modo, se garantizó que cada uno de los experimentos para la asignatura de manejo integral de cuencas hidrográficas cuente con la información necesaria.

4.2.4. Fase 4. Implementación del documento guía:

Haciendo uso del modelo de propuesta para manual de protocolos del Sistema Integrado de Gestión de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (SIGUD) y de la información previamente recolectada en las fases anteriores se procedió a estructurar el "manual de protocolos y prácticas académicas del equipo Hydrology Apparatus P6530" de manera que en este fuera posible representar de manera ordenada y completa a través de 7 capítulos los aspectos más relevantes del equipo y las prácticas académicas con el fin de brindar como resultado de esta fase, una herramienta que permitirá a quienes se encuentren interesados en trabajar con el Hydrology Apparatus P6530 desenvolverse de la manera más sencilla y confiable.

4.2.5 Fase 5. Socialización:

Con el fin de dar a conocer el equipo Hydrology Apparatus P6530 a los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos, se solicitó la apertura del espacio en el laboratorio modelación ambiental, para los estudiantes de la materia de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas a cargo del docente Helmut Espinosa, para esto, se solicitó a los estudiantes de ambos grupos hacer equipos de 5 personas las cuales son las necesarias para realizar los experimentos 1 y 2; estos fueron seleccionados ya que tienen una relación directa con la materia y se busca reforzar los conocimientos vistos en el aula, con ayuda de la monitora del laboratorio y la auxiliar se desarrolló un cronograma con el cual se programó a los estudiantes teniendo en cuenta que el tiempo promedio de cada grupo sería de una hora y media, para la práctica se desarrolló material ilustrativo para los estudiantes que permitiera hacer dinámica la explicación acerca del funcionamiento del equipo, sus piezas y accesorios; posteriormente para el desarrollo de las prácticas primero se explicó el objetivo de cada experimento, luego se explicó proceso que se llevaría a cabo y después de esto se delegó a cada estudiante una función

específica con el fin de que todos ellos participaran e interactuaran con el equipo, finalmente, haciendo uso de los datos obtenidos durante este proceso se realizó un análisis de resultados con cada grupo.

5. RESULTADOS

5.1. Descripción general del equipo

5.1.1. HYDROLOGY APPARATUS P6530

Esta unidad autónoma permite a los estudiantes investigar una serie de fenómenos hidrológicos dentro de una instalación compacta de laboratorio en interiores. Haciendo uso de este, se puede estudiar los ciclos hidrológicos de las cuencas; los hidrogramas de inundaciones y escorrentías; los efectos en las construcciones civiles (puentes y presas); la interacción de los pozos adyacentes y los procesos fluviales elementales como la erosión en las laderas y el meandro de los ríos. (Cussons Technology Ltd, s. f.)



Ilustración 2. Vista frontal del Hydrology Apparatus P6530

Fuente: Autores

5.1.2. Especificaciones técnicas y límites del sistema:

5.1.2.1 Dimensiones del equipo:

El Hydrology Apparatus, es una unidad compacta, constituida por varios componentes y fabricada mayormente en acero inoxidable, la cual está sostenida por un sub-bastidor con soportes que permite el traslado de éste en caso de ser necesario, teniendo en cuenta esto las dimensiones del equipo son las siguientes:

Dimensiones del equipo						
Elemento	**Alto (cm)**	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Volumen (cm3)**	**Volumen (m3)**	**Material**
Equipo	176	205,5	80	2.893,440	2,89344	Mayormente acero inoxidable
Tanque de suministro	55,5555556	90	70	350,000	0,35	Plástico Pvc
Tanque de Arena	25	200	80	400,000	0,4	Acero inoxidable

Tabla 2. Dimensiones del equipo

Fuente: Autores

5.1.2.2. Límites del sistema:

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo y su cuidado al llevar a cabo las prácticas académicas y proyectos de investigación es importante tener en cuenta los límites establecidos a continuación:

Límites del sistema		
Elemento	**Mínimo**	**Máximo**
Consumo de energía	120 v	120v
Capacidad del tanque de suministro	45 cm La altura del agua	55 cm La altura del agua
Capacidad del tanque de arena	Para la experimentación se debe tener por lo menos un mínimo de arena de un tercio de la capacidad del tanque teniendo en cuenta que esto afectará de manera considerable la experimentación.	Se puede rellenar con Material permeable hasta una profundidad de 200 mm. (Cussons Technology Ltd, 2014)
Caudal de agua lluvia	2 L/min	22 L/min
Pendiente	0 cm	145 cm

Tabla 3. Límites del sistema

Fuente: Autores

5.1.2.3. Especificaciones técnicas del medio permeable

El medio permeable utilizado en el equipo es una arena de sílice lavada y clasificada, sobre esta importante tener dos cosas en cuenta en caso de requerir conseguir el medio permeable por medios propios si este no es suministrado directamente por Cussons Technology:

1. Según Cussons Technology Ltd (2014), “las membranas permeables y las pantallas de filtro de gasa tienen un tamaño de apertura de 400µ (0,4mm) y por lo tanto el material con granos más pequeños que 0,5mm no debe ser utilizado” (p.15), esto con el fin de que la arena se mantenga al interior del tanque.
2. Verificar el cumplimiento de las características determinadas a continuación en la tabla 4.

Características del medio permeable	
Medio permeable	arena de sílice
Composición química	Si02 - 99.3%
	Fe203 - 0.05%
	Al203 - 0.07%
	K20 - 0.01%
	L.O.I. - 0.1%
Tamaño promedio de grano (micrones)	1350
Forma del grano	Redondeado
Densidad aparente suelta (kg/m3)	1578
Densidad a granel compactada (kg/m3)	1646

Tabla 4. Características del medio permeable

Fuente: Autores

5.1.2.4. Parámetros del agua utilizada por el equipo

Como indica Cussons Technology Ltd (2014):

> Todos los sistemas abiertos en los que el agua se utiliza y almacena durante largos períodos tienen la tendencia a ser colonizados por hongos, algas y bacterias. La velocidad y la naturaleza exacta de esta colonización dependerá de las condiciones particulares del lugar. El aspecto y el olor de un sistema muy contaminado es a menudo desagradable; los depósitos de limo oscurecen los efectos visuales y pueden obstruir los filtros. Lo más importante es que los organismos presentes pueden representar un peligro para la salud, en particular cuando el agua es rociada y por lo tanto es susceptible de ser inhalada. (P10)

Por lo tanto, se definieron los parámetros de calidad de agua que se muestran en la tabla 5, los cuales fueron tomados haciendo uso de una sonda multiparamétrica, con el fin de evitar este tipo de riesgo, buscando guardar la salud de las personas que tengan contacto con el equipo.

Se deben medir los parámetros de calidad del agua en lo posible cada vez que se vaya a hacer uso del equipo, cuando los valores que se tomen excedan los parámetros de calidad de agua se debe vaciar el tanque, realizar el respectivo lavado y realizar nuevamente el llenado teniendo en cuenta las indicaciones dadas sobre el mantenimiento en el manual ya que los problemas previamente nombrados pueden evitarse mediante la esterilización regular del sistema.

Parámetros del agua	
pH	6,56
Oxígeno Disuelto F(ppm)	7,15
Sólidos totales disueltos (mg/L)	76,332
Conductancia específica (µS/cm)	117,4
Conductividad (µS/cm)	116,1
Conductividad no lineal (µS/cm)	117,6
Resistividad (Ω-cm)	8615,47
Temperatura (°C)	18,4
Salinidad (ppt)	0,06

Tabla 5. Parámetros de calidad del agua

Fuente: Autores

5.1.3. Descripción de los subsistemas:

El Hydrology Apparatus está compuesto por 4 subsistemas que trabajan simultáneamente durante los procesos de experimentación es por esto que resulta importante identificarlos junto con sus correspondientes componentes, para que de esta manera se logre comprender el funcionamiento del equipo de manera integral y detallada, entre estos subsistemas se encuentran los siguientes:

5.1.3.1. Subsistema de riego y agua subterránea

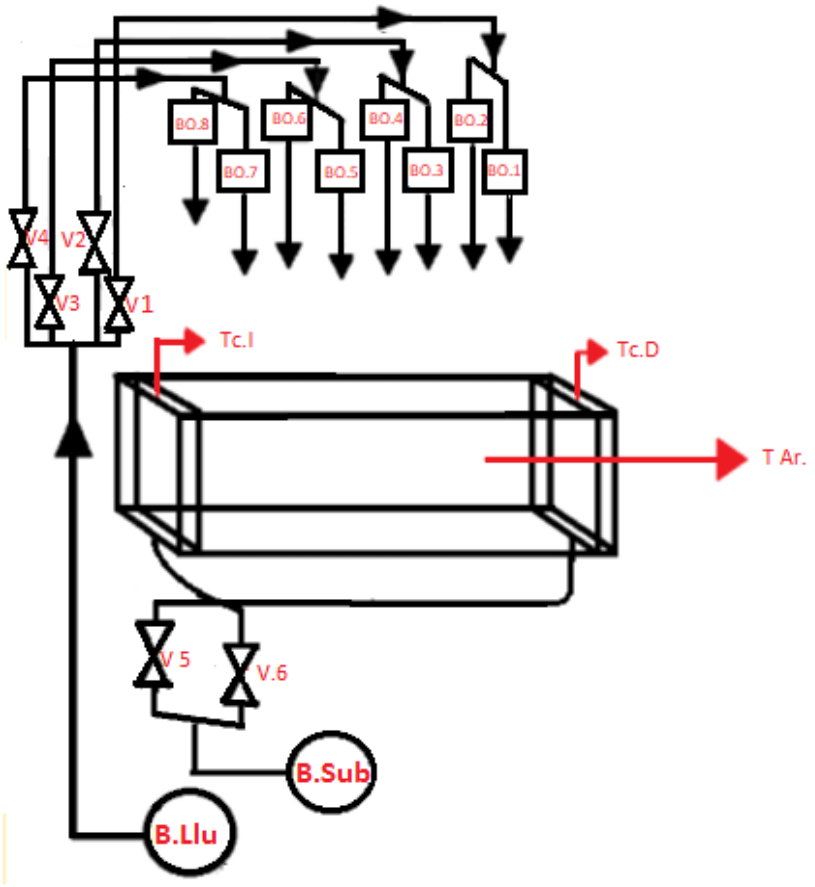


Ilustración 3. Subsistema de riego y agua subterránea

Fuente: Tomado y modificado de Cussons technology Ltd (2014)

5.1.3.1.1. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea:

Abreviatura	Nombre	Función
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de suministro el cual está equipado con unos filtros de succión.
B.Sub	bomba de agua subterránea	Ubicada en el bastidor principal, conectada a una línea de succión corta al tanque de suministro con filtros de

		succión, conduce el flujo a dos válvulas de bola que permiten o impiden el paso de este hacia los tanques de cabecera en los cuales se controla el gradiente hidráulico por medio de tubos de desbordamientos ajustables.
Bo.1	Boquilla de rociado 1	Se encuentran ubicadas en el bastidor superior, estas cuentan con filtros y se proporcionan tres juegos de puntas de boquilla intercambiables para poder simular desde ligeras precipitaciones hasta fuertes tormentas.
Bo.2	Boquilla de rociado 2	
Bo.3	Boquilla de rociado 3	
Bo.4	Boquilla de rociado 4	
Bo.5	Boquilla de rociado 5	
Bo.6	Boquilla de rociado 6	
Bo.7	Boquilla de rociado 7	
Bo.8	Boquilla de rociado 8	
T.Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y sus resultados.
Tc.D	Tanque de cabecera derecho	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	

		lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
V.1	Válvula de control de flujo de boquillas 1 y 2	Estas válvulas controlan el número de las boquillas de rociado que se encuentran en funcionamiento dependiendo del requerimiento de cada experimento y se encuentran ubicadas en el bastidor superior.
V.2	Válvula de control de flujo de boquillas 3 y 4	
V.3	Válvula de control de flujo de boquillas 5 y 6	
V.4	Válvula de control de flujo de boquillas 7 y 8	
V.5	Válvula de suministro de agua subterránea del tanque de cabecera derecho	Son dos válvulas de bola de un cuarto de vuelta que permiten o impiden el paso del agua proveniente del tanque de suministro hacia uno o ambos tanques de cabecera dependiendo del objetivo y procedimiento del experimento que se esté llevando a cabo, para que de este modo el agua entre al tanque de arena.
V.6	Válvula de suministro de flujo de agua subterránea del tanque de cabecera izquierdo	

Tabla 6. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea

Fuente: Autores

5.1.3.2. Subsistema de almacenamiento y drenaje:

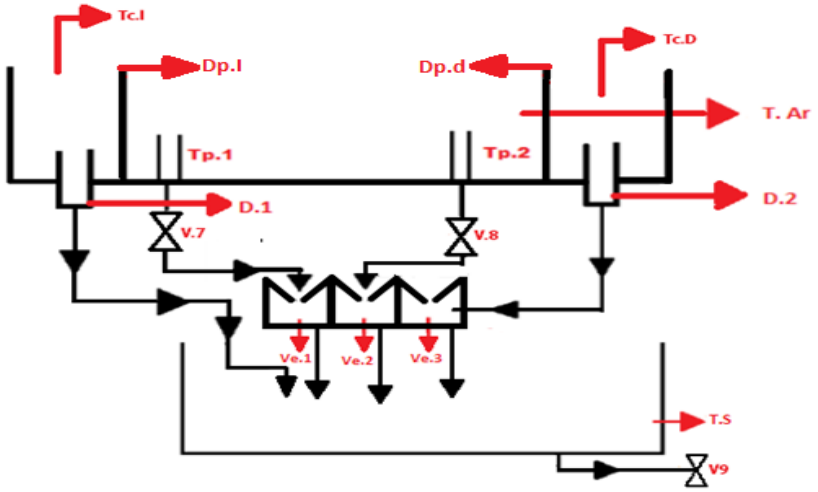


Ilustración 4. Subsistema de almacenamiento y drenaje

Fuente: Autores

5.1.3.2.1. Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje:

Abreviatura	Nombre	Función
D.1	Desbordamiento izquierdo de tanque de cabecera.	Son tubos ajustables ubicados en ambos tanques de cabecera los cuales se pueden subir o bajar para controlar el gradiente hidráulico en los mismos y por lo tanto en el tanque de arena. Además, cuando estos tubos se encuentran totalmente abajo, permiten la conducción del agua proveniente por infiltración o escorrentía del tanque de arena al tanque de suministro, ya sea de manera directa a través del tubo de desbordamiento izquierdo o a través del tubo de desbordamiento derecho el cual hace primero la descarga de agua en el vertedero para así realizar la medición del flujo.
D.2	Desbordamiento derecho de tanque de cabecera.	
Dp.I	Deflector permeable izquierdo	Son membranas permeables ubicadas en los extremos del tanque de arena y cuentan con pantallas de filtro de gasa que tienen un tamaño de abertura de 400 µ (0,4 mm) (Cussons technology Ltd, 2014). Estos mantienen el medio permeable dentro de la zona de captación del tanque de arena.
Dp.D	Deflector permeable derecho	
T. Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente del mismo lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y por lo tanto de sus resultados.
T.S	Tanque de Suministro	Está fabricado en polipropileno y ubicado en el bastidor principal, cuenta con un volumen

		de 350 litros e incorpora filtros de succión de gran capacidad los cuales evitan el paso de sólidos a las bombas (Cussons technology Ltd, 2014); almacena el agua disponible para el subsistema de riego y agua subterránea, además de esto recibe el agua de los vertederos de pozo y el tanque de cabecera izquierdo haciendo posible la recirculación del agua dentro del equipo.
Tc.D	Tanque de cabecera derecho	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	
Tp.1	Tubo de revestimiento de pozo izquierdo	Están ubicados en el tanque de arena a 400 mm aproximadamente de los deflectores permeables y a 700 mm entre ellos, "son tubos de 35 mm con un arco de 225 mm de largo. Cada tubo de revestimiento consta de un tubo de acero inoxidable perforado soldado a un tapón hueco y equipado con un calcetín de filtro de poliéster asegurado por un anillo 'O', para evitar la entrada de arena en el tubo del manómetro. Los tubos de revestimiento del pozo encajan a presión en la base del tanque de arena." (Cussons Technology Ltd, 2014)
Tp.2	Tubo de revestimiento de pozo derecho	
V7	Válvula de control de pozo Lh	Están ubicadas entre el tanque de arena y el vertedero, son válvulas angulares que regulan el flujo proveniente del tanque de arena que se infiltra por los tubos de revestimiento de pozo para descargarlo en los vertederos.
V8	Válvula de control de pozo RH	
V9	Válvula de descarga del tanque de	Es una válvula de bola ubicada en el costado

	suministro	posterior derecho del tanque de suministro, permite desocupar el tanque para su mantenimiento y lavado; a la tubería donde está ubicada la válvula se le debe adicionar el accesorio de tubería de desagüe
Ve.1	Vertedero de muesca en forma de v de Lh/well	Permiten la medición de descarga del flujo proveniente de los tubos de revestimiento de pozo, su corte en V hace que la medición de los manómetros sea más exacta ya que se trata de un caudal pequeño.
Ve.2	Vertedero de muesca en forma de v de R/h well	
Ve.3	Vertedero de muesca en forma de v del tanque de cabecera derecho	Permiten la medición de descarga del flujo proveniente del tanque de cabecera derecho, su corte en V hace que la medición de los manómetros sea más exacta ya que se trata de un caudal pequeño

Tabla 7. Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje

Fuente: Autores

5.1.3.3. Subsistema eléctrico:

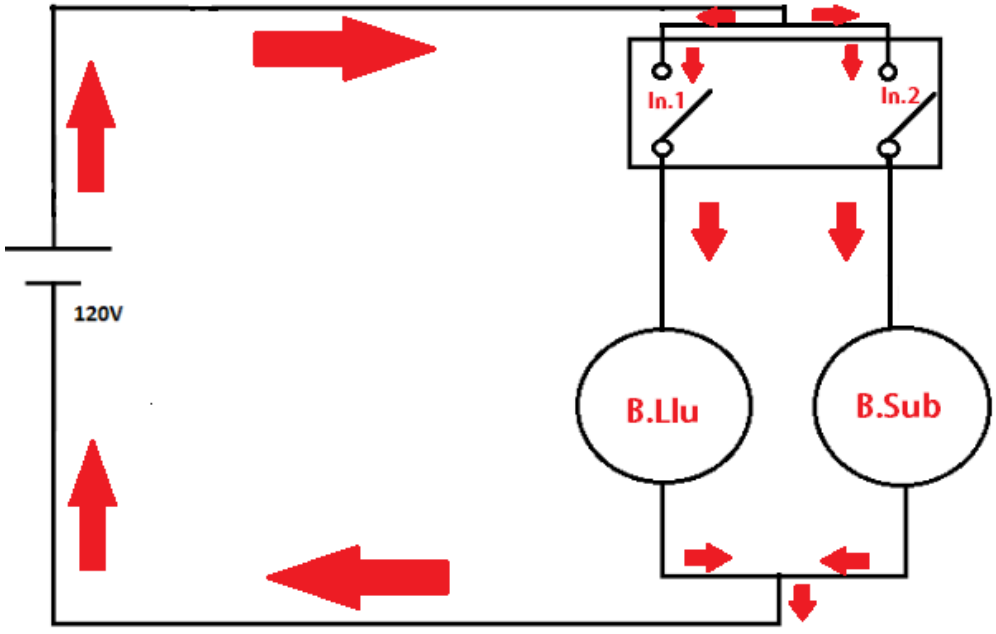


Ilustración 5. Subsistema eléctrico

Fuente: Autores

5.1.3.3.1. Componentes subsistema eléctrico

Abreviatura	Nombre	Función
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de suministro el cual está equipado con unos filtros de succión, esta cantidad de agua suministrada a las boquillas es medida con ayuda de un medidor de flujo de área variable.
B.Sub	Bomba de agua subterránea	Ubicada en el bastidor principal y conectado a una línea de succión corta al tanque de suministro equipado con filtros de succión, conduce el flujo a dos válvulas de bola que permiten o impiden el paso a los tanques de cabecera en los cuales se controla la altura del agua por medio de desbordamientos ajustables.
Cb	Caja de bombas	Cuenta con un encendido/apagado independiente para cada bomba, la caja eléctrica está ubicada una altura considerable en la parte izquierda del equipo con el fin de evitar el contacto de esta con el agua; está diseñada en plástico con una película conductora que tiene como función evitar la interferencia de otros equipos. (Cussons technology Ltd, 2014)
In.1	Interruptor bomba de agua lluvia	Se cuenta con interruptores independientes para cada bomba que permiten o impiden el paso de corriente eléctrica dependiendo de la bomba que sea requerida para el experimento a realizar.
In.2	Interruptor bomba de agua subterránea	

Tabla 8. Componentes subsistema eléctrico

Fuente: Autores

5.1.3.4. Subsistema de Medición:

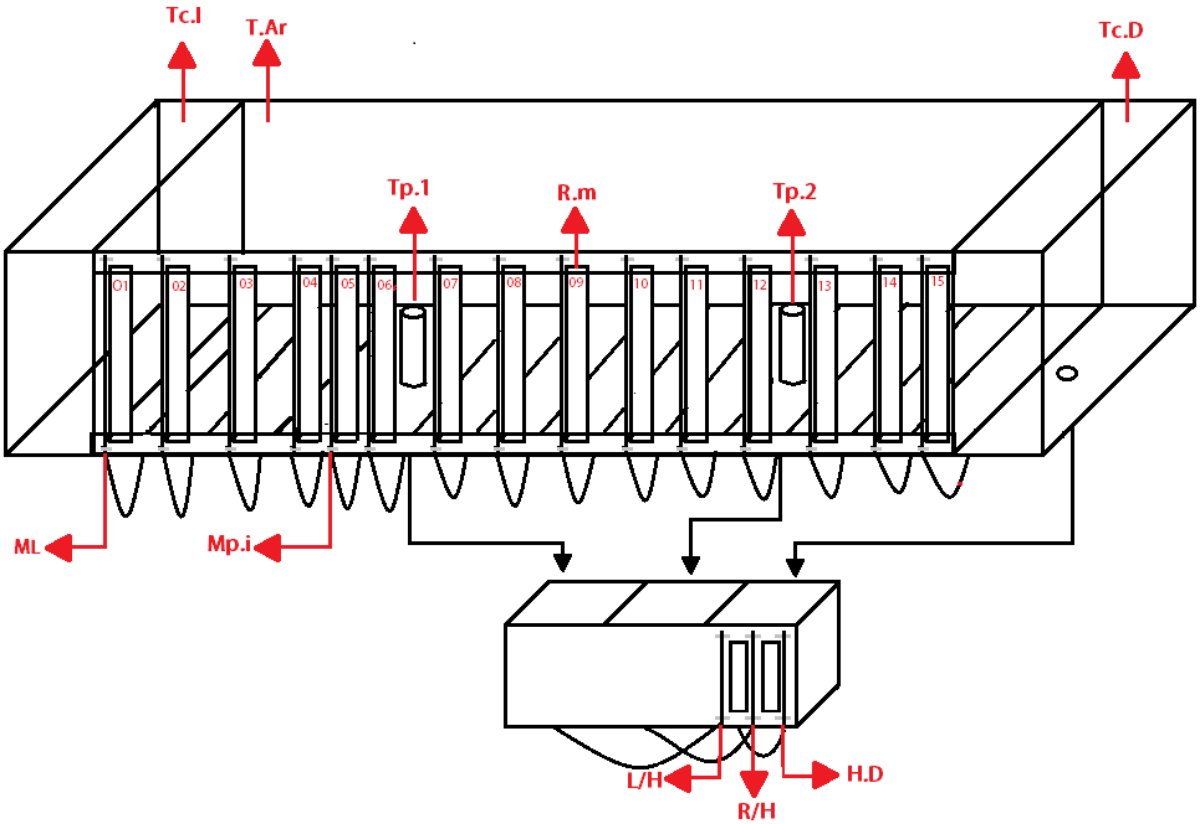


Ilustración 6. Subsistema de medición frontal
Fuente: Autores

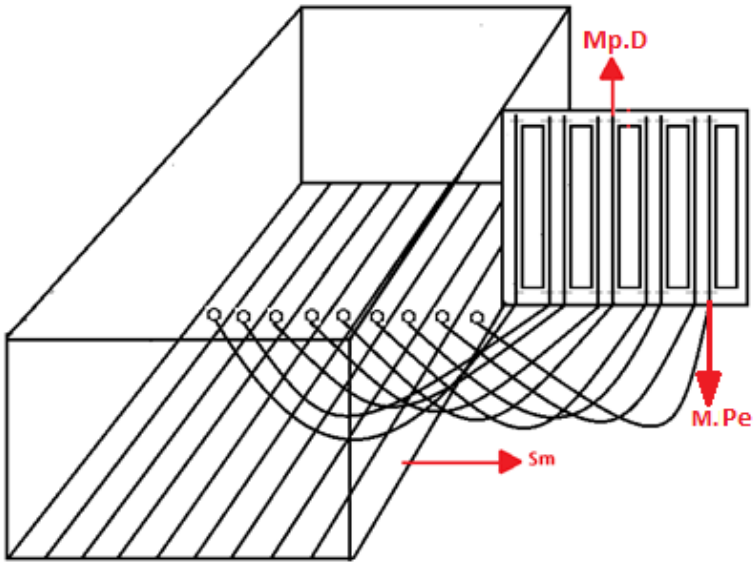


Ilustración 7. Subsistema de medición tablero de manómetros perpendiculares
Fuente: Autores

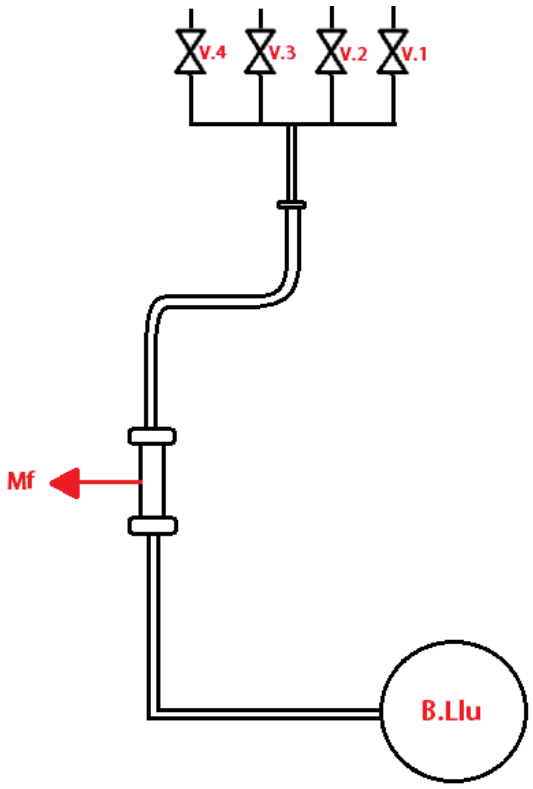


Ilustración 8. Subsistema de medición boquillas de rociado

Fuente: Autores

5.1.3.4.1. Componentes del subsistema de medición:

Abreviatura	Nombre	Función
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
Tc.D	Tanque de cabecera derecho	
T.Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de

		agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente del mismo lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y por lo tanto de sus resultados.
Tp.1	Tubos de revestimiento de pozo izquierdo	Están ubicados en el tanque de arena a 400 mm aproximadamente de los deflectores permeables y a 700 mm entre ellos, "son tubos de 35 mm con un arco de 225 mm de largo. Cada tubo de revestimiento consta de un tubo de acero inoxidable perforado soldado a un tapón hueco y equipado con un calcetín de filtro de poliéster asegurado por un anillo 'O', para evitar la entrada de arena en el tubo del manómetro. Los tubos de revestimiento del pozo encajan a presión en la base del tanque de arena."(Cussons Technology Ltd, 2014)
Tp.2	Tubos de revestimiento de pozo derecho	
R.m	Regla manómetro	El equipo cuenta con un total de 22 reglas que están ubicadas a cada lado de los manómetros, con el fin de medir la altura del agua dentro de cada manómetro teniendo en cuenta que estos representan la altura de la columna de agua dentro del tanque de arena.
M.L	Manómetros longitudinales del tanque de arena	Debajo del tanque de arena, encontramos una serie de puntos de toma de presión los cuales están conectados a cada manómetro con el fin de poder determinar el nivel freático en cada punto gracias al principio de los vasos comunicantes.
M.Pe	Manómetros perpendiculares del tanque de arena	Se encuentran ubicados en una placa de ensamblaje unida de manera perpendicular al tanque de arena, midiendo por medio de

		las tomas de presión transversales el nivel freático dentro del tanque de arena.
Mp.I	Manómetro de tubo de revestimiento de pozo izquierdo	El manómetro de pozo izquierdo mide el nivel de la columna de agua respecto a la base del tanque del tubo de revestimiento de pozo izquierdo, cuando la válvula de control LH se encuentra cerrada.
Mp.D	Manómetro de tubo de revestimiento de pozo derecho	El manómetro de pozo derecho mide el nivel de la columna de agua respecto a la base del tanque del tubo de revestimiento de pozo derecho, cuando la válvula de control RH se encuentra cerrada.
L/H	Manómetro de descarga de tubos de revestimiento de pozo izquierdo	Este manómetro mide el nivel de flujo dentro del vertedero, ya que está calibrado con el fin que el cero en el manómetro coincida con la parte inferior de la muesca del vertedero, midiendo por lo tanto el flujo proveniente del tubo de revestimiento de pozo izquierdo del tanque de arena cuando la válvula de control LH se encuentra abierta.
R/H	Manómetro de descarga de tubos de revestimiento de pozo derecho	Este manómetro mide el nivel de flujo dentro del vertedero, ya que está calibrado con el fin que el cero en el manómetro coincida con la parte inferior de la muesca del vertedero, midiendo por lo tanto el flujo proveniente del tubo de revestimiento de pozo derecho del tanque de arena cuando la válvula de control RH se encuentra abierta.
Sm	Sector de medición	Parte inferior del tanque de arena donde se encuentran los puntos de toma de presión tanto de los manómetros longitudinales como laterales.
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de

		suministro el cual está equipado con unos filtros de succión.
Mf	Medidor de flujo de área variable	Consta de un tubo vertical troncocónico dentro del cual se encuentra un flotador, el fluido entra a este por la parte inferior arrastrando el flotador en dirección ascendente, al elevarse aumenta el área hasta que se equilibran las fuerzas. (Process Control Supply, C.A., s. f.)
V.1	Válvula de control de flujo de boquillas 1 y 2	Estas válvulas controlan el número de las boquillas de rociado que se encuentran en funcionamiento dependiendo del requerimiento de cada experimento y se encuentran ubicadas en el bastidor superior.
V.2	Válvula de control de flujo de boquillas 3 y 4	
V.3	Válvula de control de flujo de boquillas 5 y 6	
V.4	Válvula de control de flujo de boquillas 7 y 8	

Tabla 9. Componentes del subsistema de medición

Fuente: Autores

5.1.4. Accesorios

5.1.4.1. Cerramientos circulares abiertos y cerrados: Se cuenta con dos cerramientos, uno de ellos está completamente vacío en el fondo y el otro cuenta con una base que en su centro posee un tubo de plástico transparente, ambos sirven para simular en diferentes experimentos islas, depósitos de almacenamiento y muros cortina alrededor de obras de construcción. (Cussons Technology Ltd, 2014)

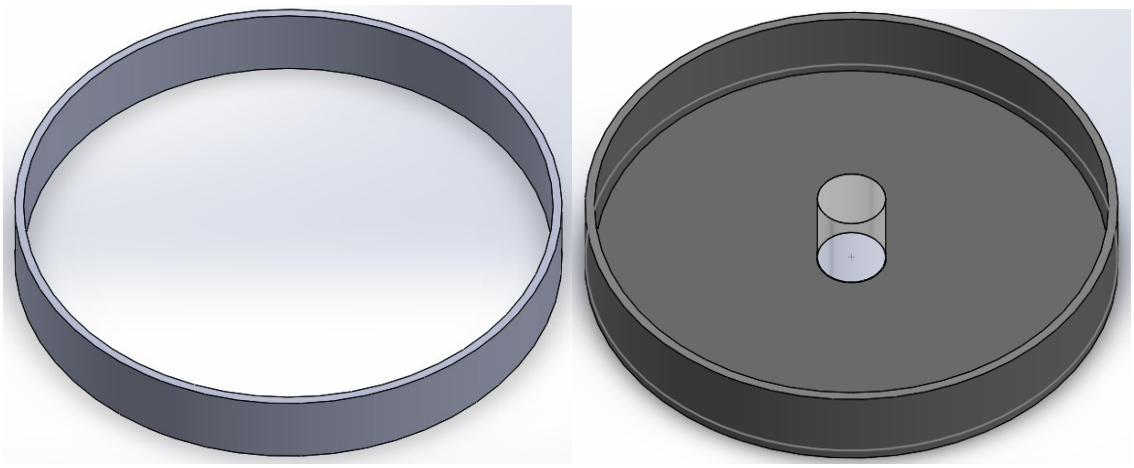
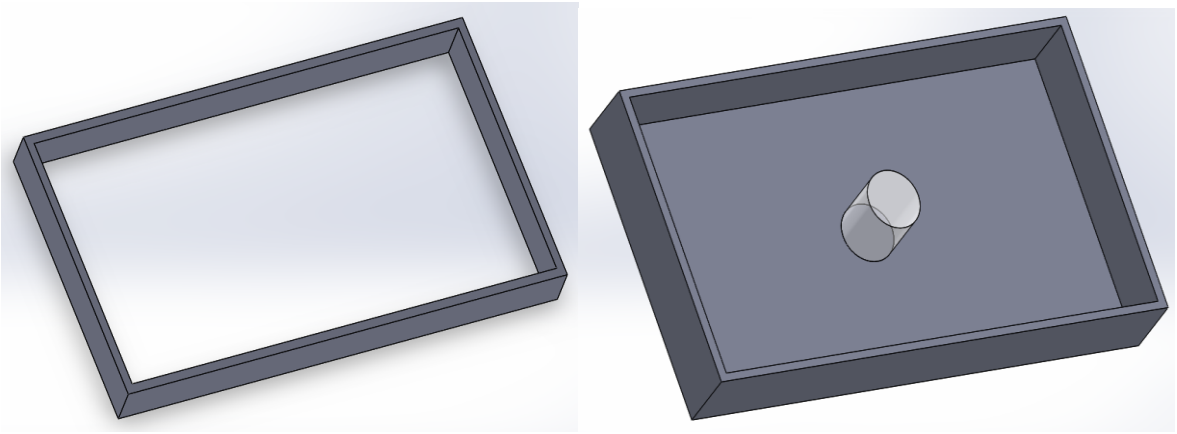


Ilustración 9. Cerramientos circulares abiertos y cerrados

Fuentes: Autores

5.1.4.2. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados: Se proporcionan rectángulos abiertos de 330 x 550 y 618 x 918 y una bandeja rectangular cerrada de 430 x 650 (Cussons Technology Ltd, 2014, p.14).



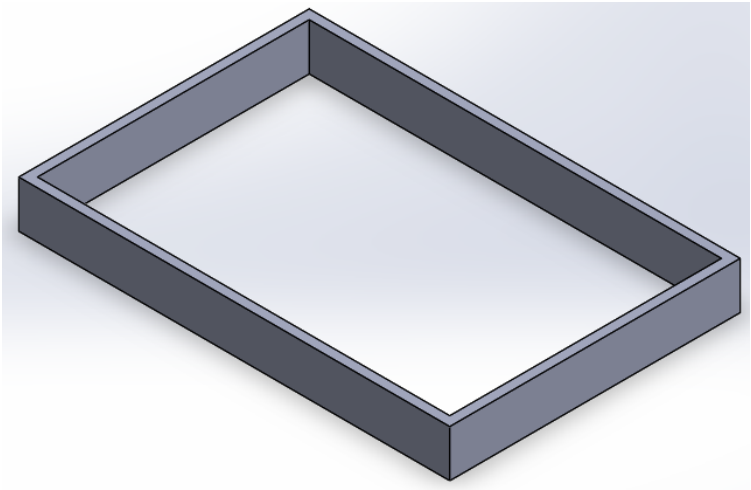


Ilustración 10. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados

Fuente: Autores

5.1.4.3. Cofferdam: Sirve como ataguía el cual puede utilizarse para represar un lecho de río modelado (Cussons Technology Ltd, 2014).

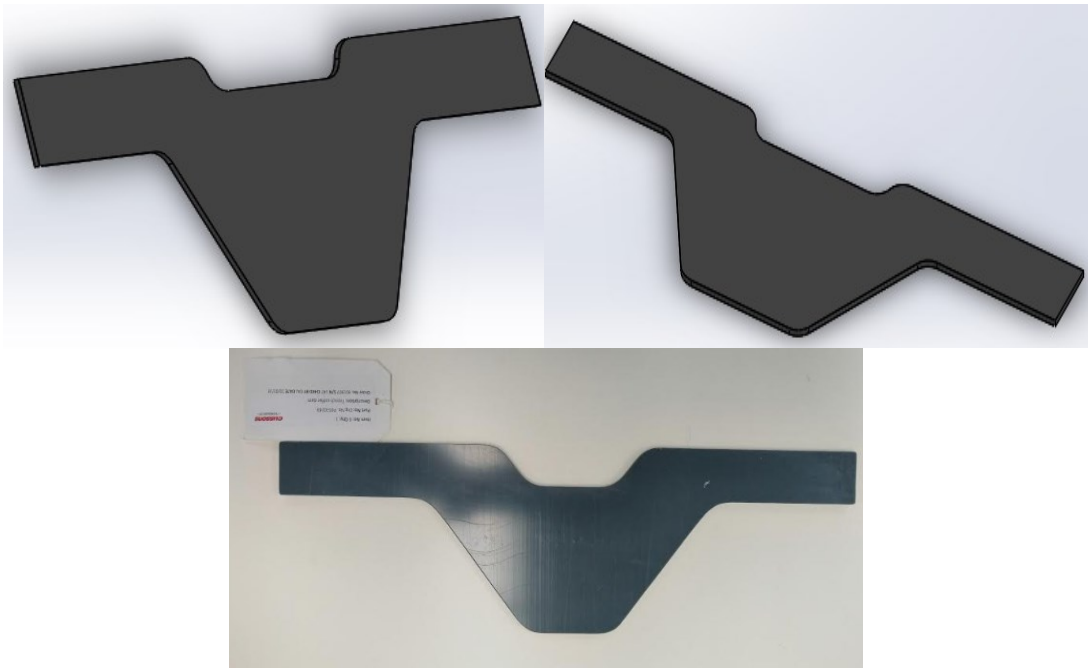
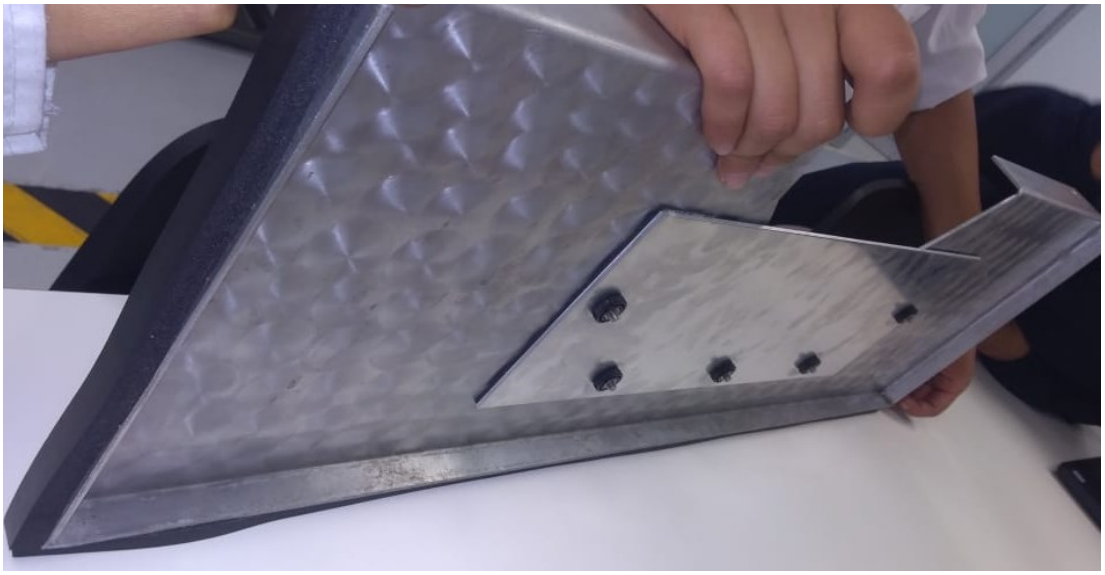
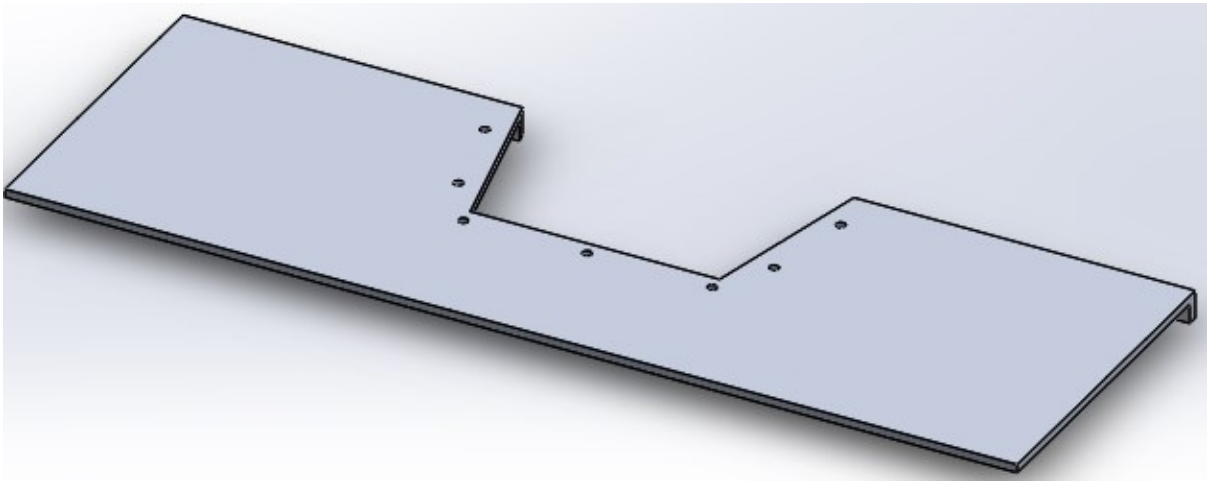


Ilustración 11. Cofferdam

Fuentes: Autores

5.1.4.4. Deflectores impermeables: Se cuenta con dos deflectores impermeables fabricados en acero inoxidable, los cuales tienen como función controlar la pérdida de agua en el tanque de arena, se instalan en los extremos del mismo junto a los deflectores permeables en cada extremo; cuentan con un corte transversal del río el cual puede cubrirse con una placa para permitir un plano de inundación de 200 mm y otra para hacer el deflector completamente impermeable dependiendo de los requerimientos del experimento (Cussons Technology Ltd, 2014).





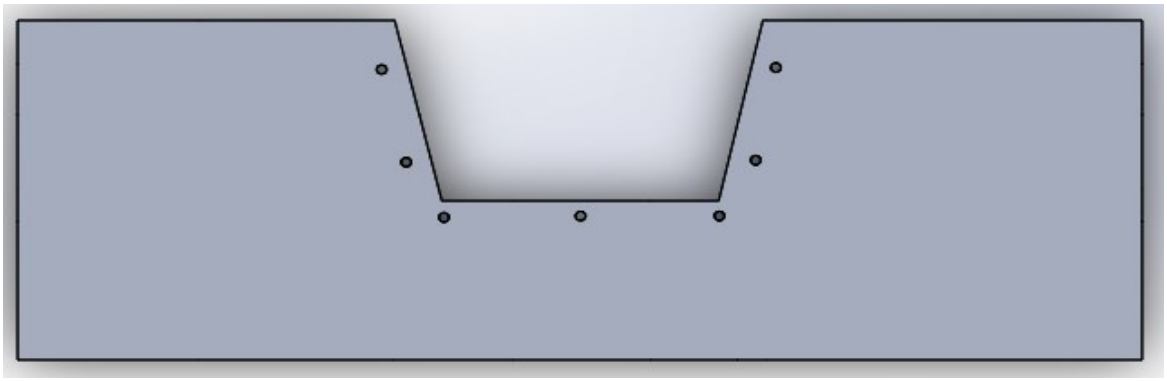


Ilustración 12. Deflectores impermeables

Fuente: Autores

5.1.4.5. Formadores de Gradiente: Se cuenta con dos formadores de gradiente que forman una pendiente de 1 en 20, permitiendo perfilar la superficie (Cussons Technology Ltd, 2014).



Ilustración 13. Formadores de Gradiente

Fuente: Autores

5.1.4.6. Gato de tijera: Este instrumento está ubicado debajo del tanque de arena en el costado izquierdo, su función consiste en elevar el tanque cambiando la pendiente del mismo; en cuanto a su funcionamiento, este se acciona de manera manual mediante el uso de un mango de apoyo al ejercer un movimiento giratorio.

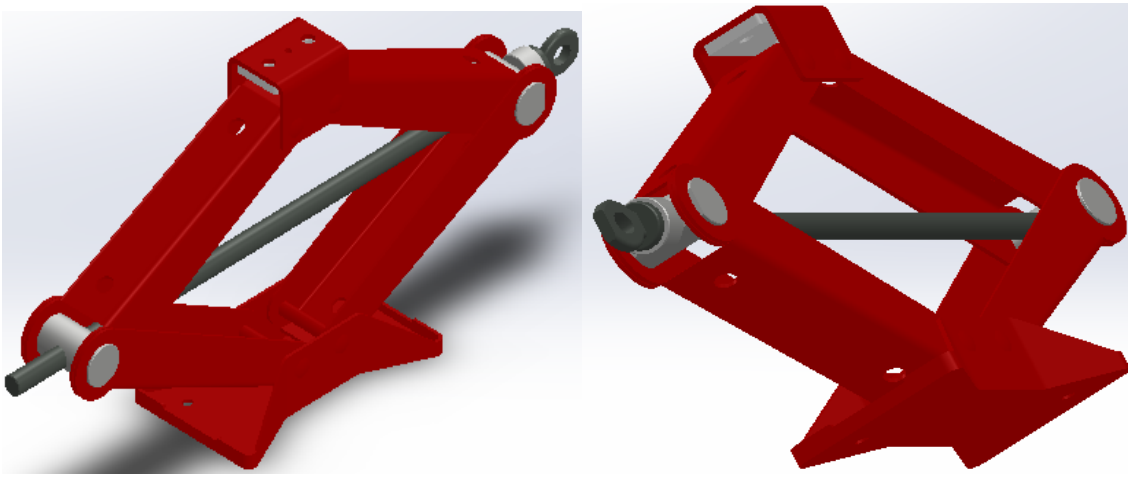
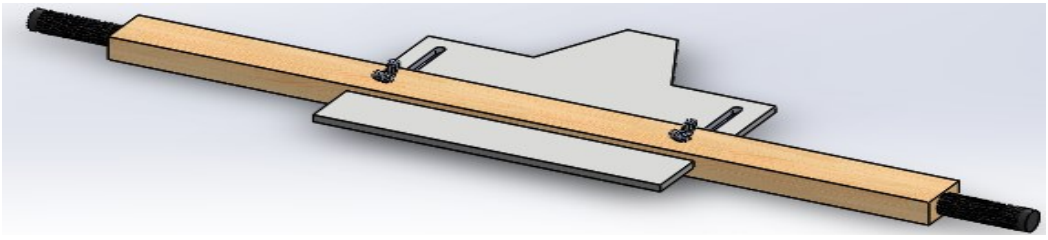


Ilustración 14. Gato de tijera

Fuente: Autores

5.1.4.7. Herramienta de perfilado: Este accesorio cumple dos funciones, pues esta permite nivelar la arena para darle un perfil plano con su parte inferior y además ayuda a formar el cauce de un río en el medio permeables con su parte superior. Para el buen manejo de esta herramienta se requiere que sea manipulada por dos personas.



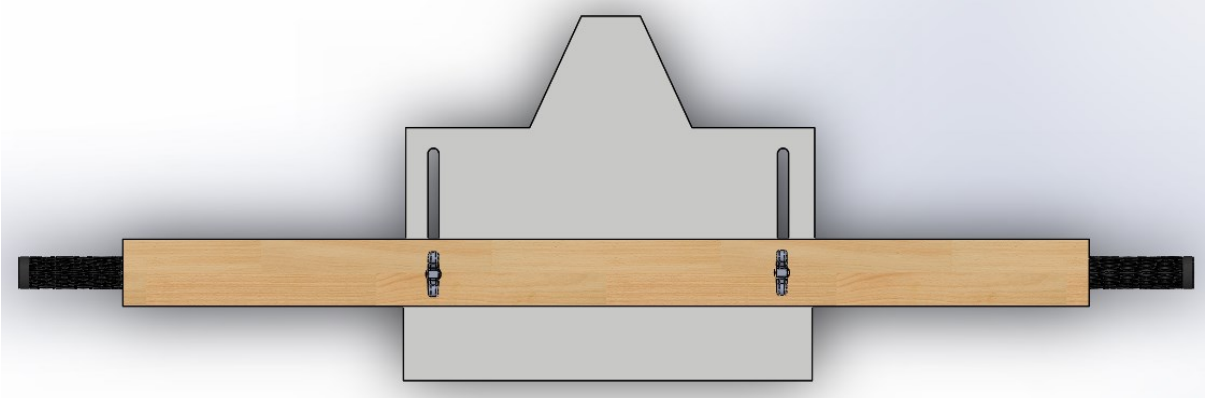


Ilustración 15. Herramienta de perfilado

Fuente: Autores

5.1.4.8. Lámina de plástico u hoja de polvo de polietileno: Esta nos permite cubrir en determinadas zonas del medio permeable con el fin de impermeabilizarlas cuando se realizan experimentos que requieren que sólo se moje una parte del tanque.

5.1.4.9. Modelo de puente de muelle: Según los requerimientos del experimento este elemento puede ser utilizado para simular un obstáculo para el agua, con el fin de evaluar su comportamiento al entrar en contacto con él y rodearlo.



Ilustración 16. Modelo de puente de muelle

Fuente: Autores

5.1.4.10. Pala: Es una herramienta de mano la cual es utilizada para remover, excavar o rellenar el tanque con el medio permeable, esta es de color negro y cuenta con una curvatura en la punta y un mango de metal.



Ilustración 17. Pala

Fuente: Autores

5.1.4.11. Paleta llana: Es un instrumento de plástico de color amarillo, el cual ayuda a nivelar y moldear el medio permeable según los requerimientos del experimento.

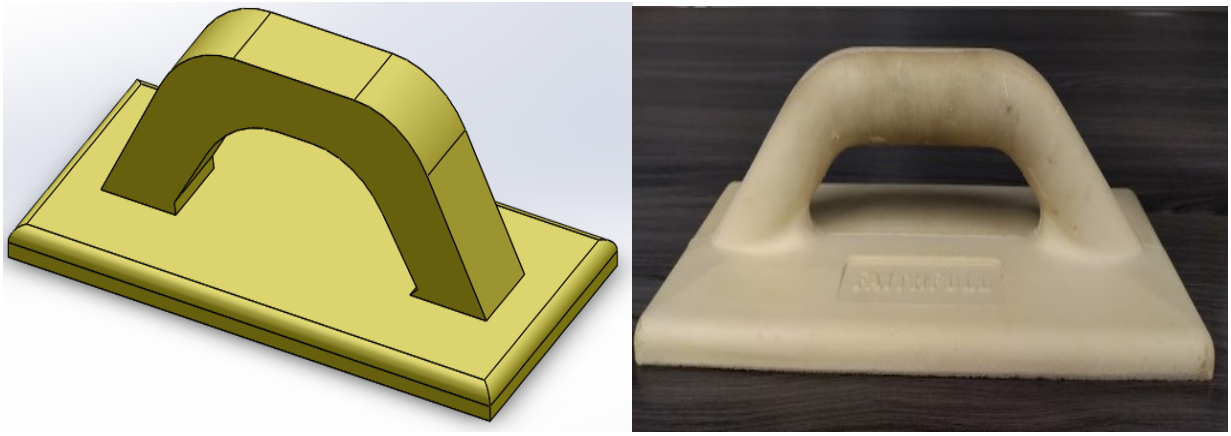


Ilustración 18. Paleta llana

Fuente: Autores

5.1.4.12. Palustre: Herramienta de metal con mango de madera, la cual es utilizada para moldear, nivelar, extender, añadir o retirar el medio permeable.



Ilustración 19. Palustre

Fuente: Autores

5.1.4.13. Parafina blanca: Se utiliza para limpiar las estructuras de acero inoxidable que componen el equipo



Ilustración 20. Parafina blanca

Fuente: Autores

5.1.4.14. Par de cortinas plásticas: Estas, se encuentran colgadas alrededor del tanque de arena, se deben cerrar antes de encender la bomba de agua lluvia con el fin de evitar las salpicaduras de agua en el momento de la experimentación.



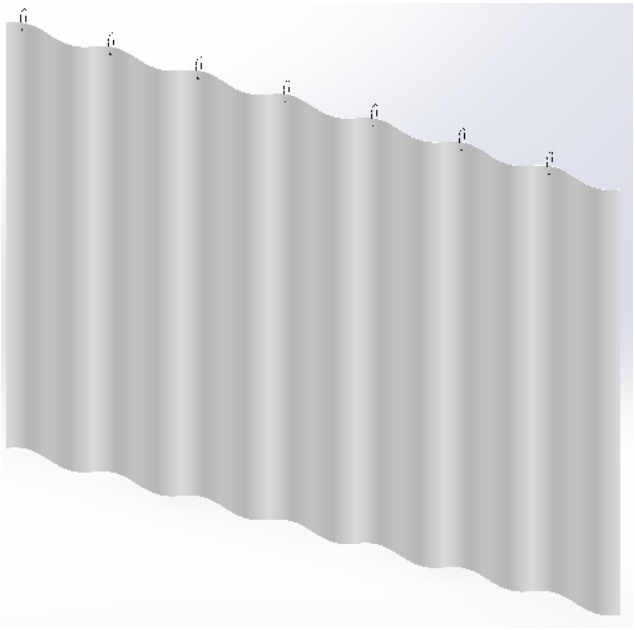


Ilustración 21. Par de cortinas plásticas

Fuente: Autores

5.1.4.15. Puntas de boquillas de rociado: Se suministran 3 juegos de puntas de boquilla de rociado intercambiables de 3 tamaños diferentes y referenciadas de la siguiente manera (Cussons

Technology Ltd, 2014):

- Juego de 8 puntas grandes (BF4-60)
- Juego de 8 puntas medianas (BF3-60)
- Juego de 8 puntas pequeñas (BF2-60)

Dependiendo del experimento a realizar se hará el cambio de las puntas de boquilla, este debe ser llevado a cabo por la auxiliar de laboratorio, el docente encargado o quienes ellos deleguen ya que esto se debe hacer con cuidado para evitar dañar la unión de estas al bastidor superior.

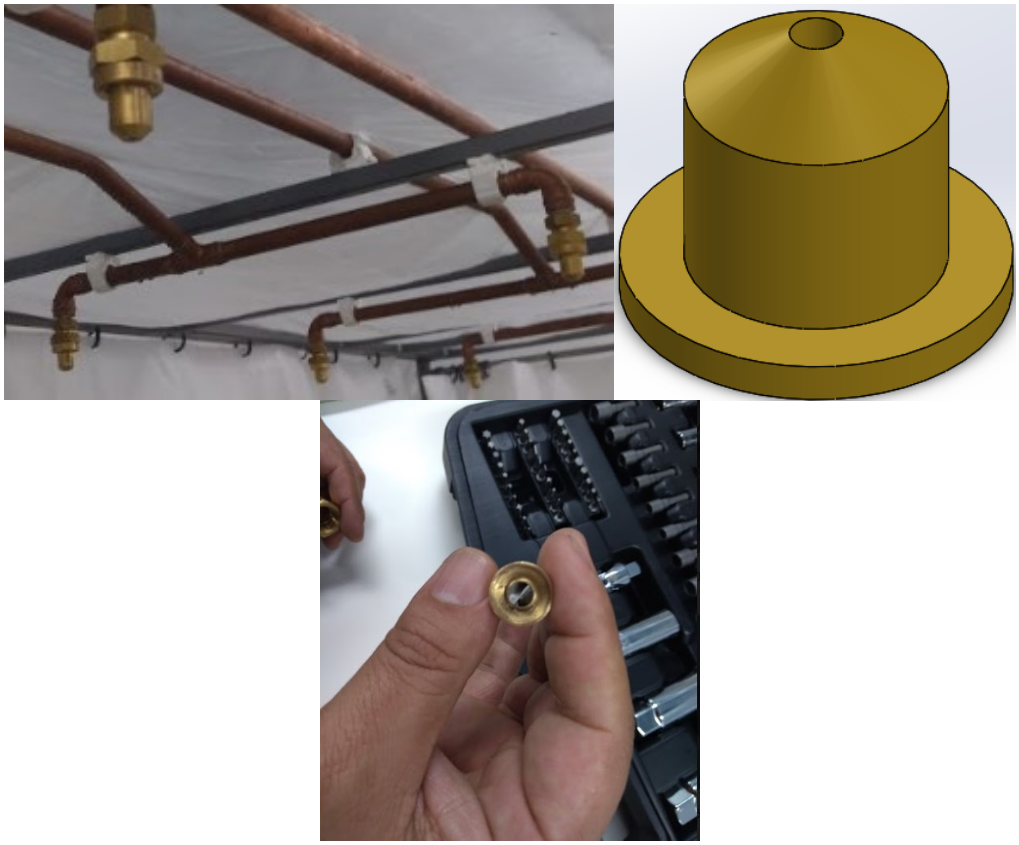


Ilustración 22. Puntas de boquillas de rociado

Fuente: Autores

5.1.4.16. Tapones de pozo: Para algunos experimentos se requiere desinstalar los tubos de revestimiento de pozo, los cuales deben ser sustituidos por los tapones de pozo para evitar que el medio permeable se dirija hacia los manómetros o el tanque de suministro.



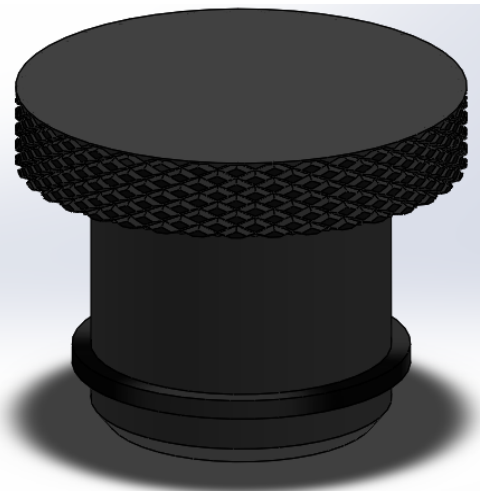


Ilustración 23. Tapones de pozo

Fuentes: Autores

5.1.4.17. Tornillos moleteados: Estas piezas permiten asegurar al equipo los deflectores impermeables, se debe utilizar dos por cada deflector y deben ser ajustados de manera manual, cada deflector tiene dos orificios en la superficie, los cuales deben coincidir con los que se encuentran en el borde izquierdo y derecho del tanque de arena.



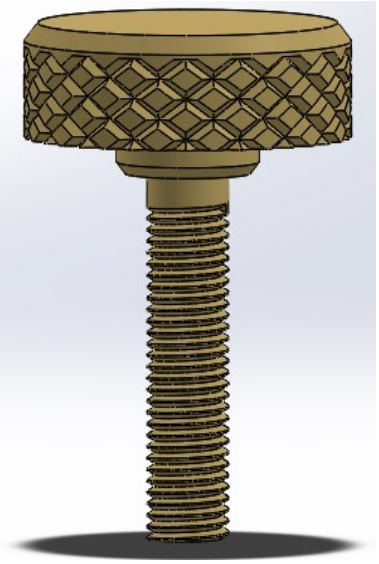


Ilustración 24. Tornillos moleteados

Fuente: Autores

5.1.5. Operaciones previas al uso y configuración preliminar:

5.1.5.1. Ubicación:

Teniendo en cuenta el espacio disponible dentro del laboratorio de modelación ambiental, se estableció una ubicación del equipo en una posición funcional en la cual este se lograra manipular de una manera sencilla por parte de los estudiantes y las personas que lo requieran al realizar las respectivas prácticas académicas o de investigación, alrededor de él se encuentra demarcada una línea de seguridad de color amarillo y negro con un espesor de 15 cm la cual tiene como función indicar a las personas la distancia segura a la que deben permanecer respecto al equipo con el fin de evitar que corran algún riesgo.

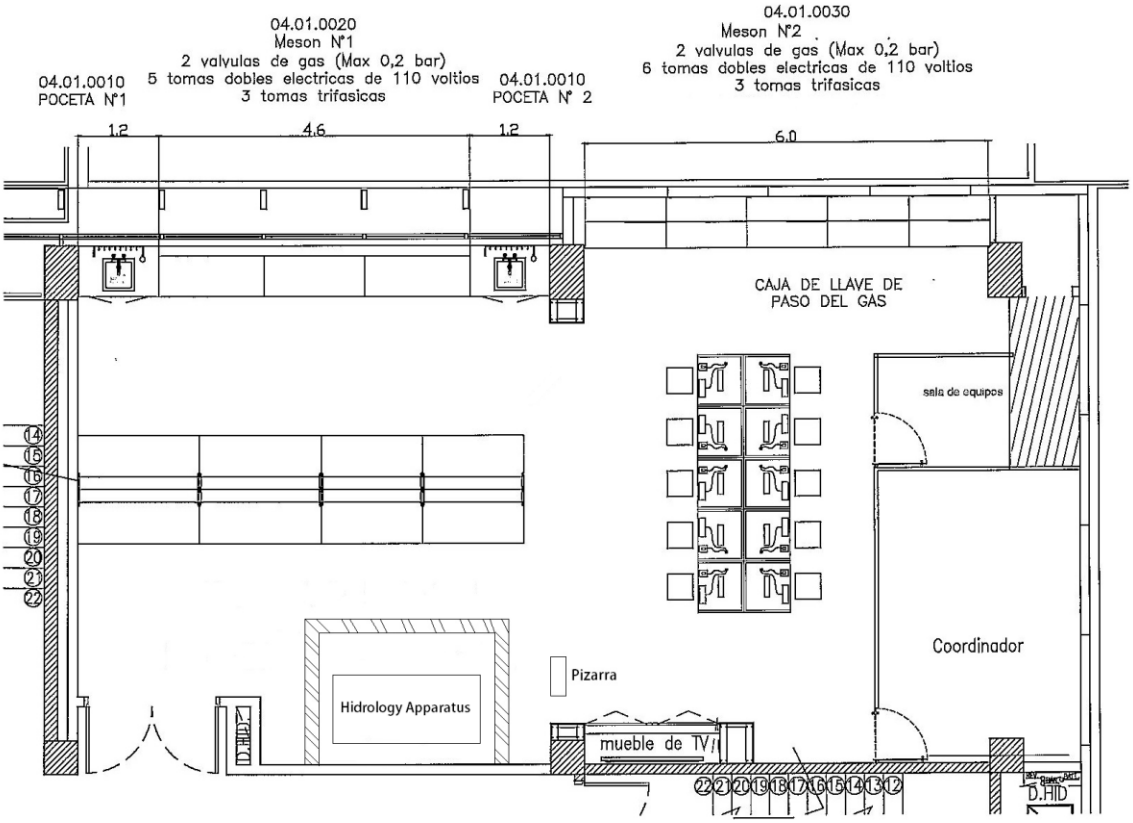


Ilustración 25. Plano de ubicación del Hydrology Apparatus en el laboratorio de modelación

Tomado y modificado de: Oficina de planeación y control

5.1.5.2. Instalación:

Se debe asegurar que los cuatro (4) estabilizadores de soporte ajustables están separados del piso en caso de tener que reubicar, ya dentro de la zona asignada se debe tener en cuenta que para fijar el equipo en la posición funcional se deben bajar los cuatro (4) estabilizadores de soporte al nivel del suelo y asegurarlos con la contratuerca. Ajuste el gato de tijera, que controla la inclinación del tanque de arena de modo que la escala (regleta) muestre un valor de 0. Verifique que el equipo se encuentre nivelado en ambas direcciones longitudinal y lateral, apóyese con el uso de un nivel de burbuja (Cussons Technology Ltd, 2014).

5.1.5.3. Conexión:

Este equipo cuenta con una clavija monofásica con polo a tierra, la cual requiere un suministro eléctrico de 120v y 60hz, “el consumo máximo de energía continua es de aproximadamente 760 v con ambas bombas encendidas” (Cussons Technology Ltd, 2014).



Ilustración 26. Conexión

Fuente: Autores

5.1.5.4. Procedimiento de encendido:

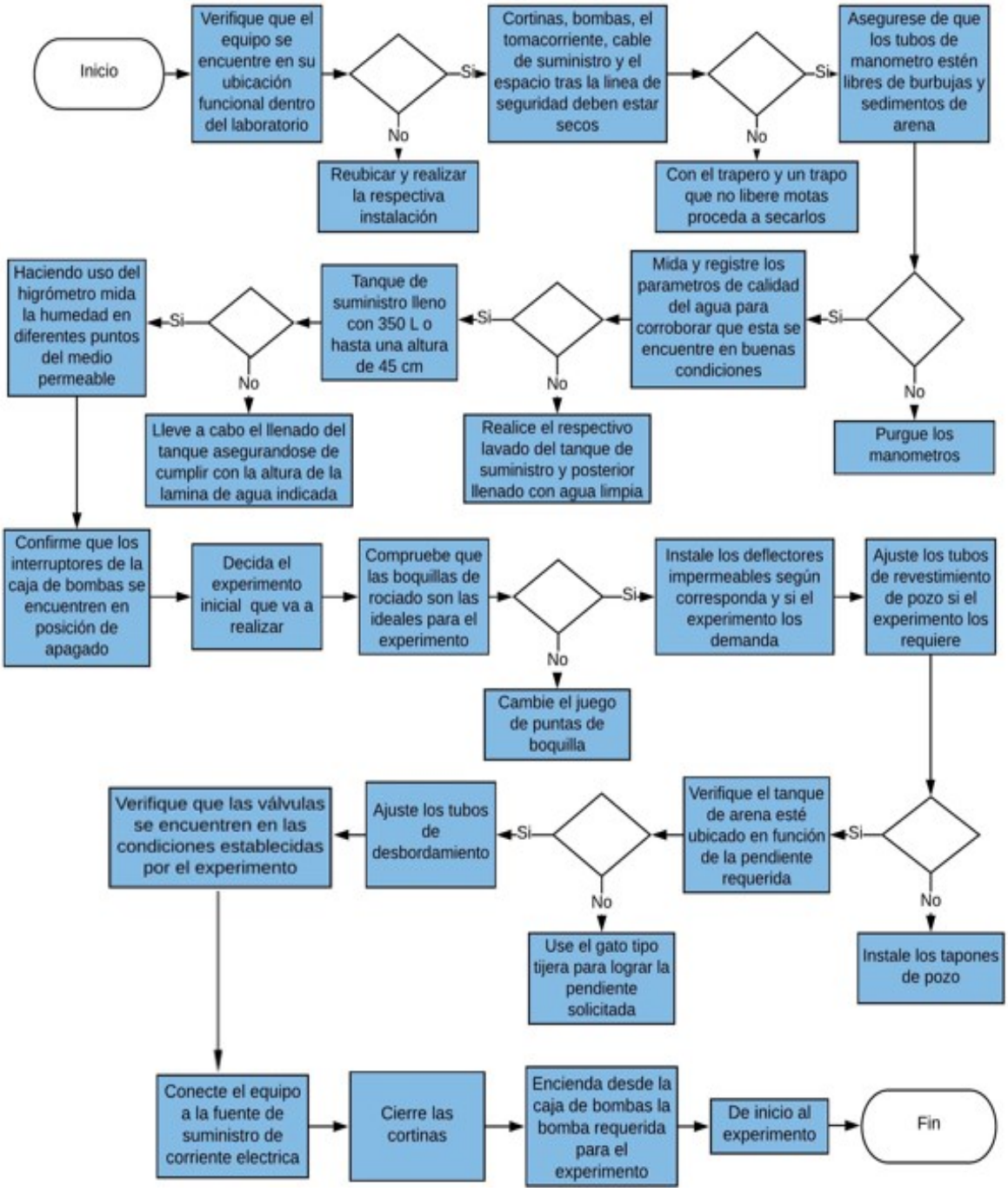


Diagrama 1. Procedimiento de encendido

Fuente: Autores

5.1.5.5. Procedimiento de apagado:

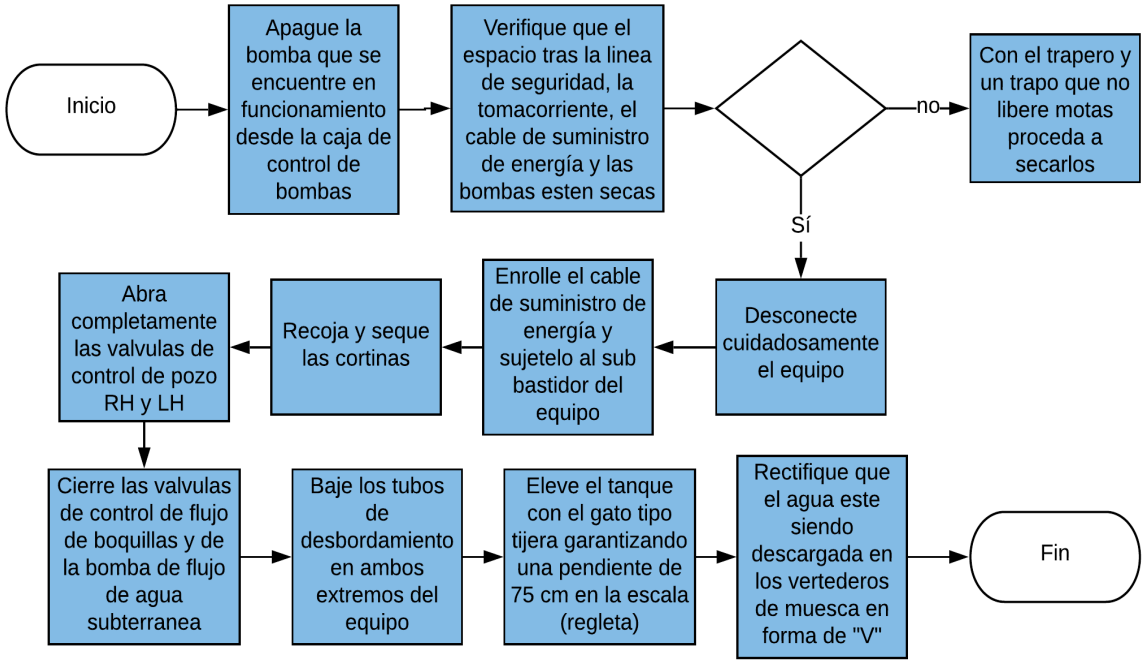


Diagrama 2. Procedimiento de apagado

Fuente: Autores

5.1.6. Cuidados básicos y mantenimiento:

5.1.6.1. Almacenamiento:

Teniendo en cuenta que el equipo permanecerá ubicado en el laboratorio de Modelación Ambiental y dado su gran tamaño, se ha seleccionado una posición funcional para su ubicación, por lo que se recomienda revisar los siguientes parámetros al finalizar cada jornada de experimentación:

- Recoger el cable, enrollarlo y dejarlo en el lugar asignado.
- Asegurarse que los estabilizadores de soporte del equipo estén fijos al suelo evitando que el equipo se desplace de su lugar asignado.

- Dejar las válvulas de control de pozo totalmente abiertas ayudando a un secado de la arena más rápido.
- Retirar los deflectores impermeables del equipo y guardarlos limpios junto a los demás accesorios usados durante la práctica en el armario asignado para el material del equipo en el laboratorio de Modelación ambiental.
- El espacio donde está ubicado el equipo debe ser barrido y trapeado.
- El equipo debe ser limpiado con un trapo y parafina al finalizar las prácticas académicas o actividades de investigación

5.1.6.2. Precauciones:

Dentro del laboratorio de modelación, al manipular el Hydrology apparatus se pueden presentar una serie de posibles riesgos los cuales deben ser conocidos por las personas que van a trabajar con el equipo con el fin de evitar accidentes; por esta razón, para lograr la divulgación de estos al público en general se instalaron unas piezas comunicativas las cuales tienen como objetivo dar a conocer estos peligros como se muestra a continuación:

5.1.6.2.1. Plotters:

El plotter principal, está colgado en la pared al costado derecho del equipo y tiene como función dar a conocer algunas partes del equipo y los principales riesgos.



#	Nombre
1	Tanque de arena
2	Tanque de suministro
3	Bombas de suministro de agua
4	Boquillas de rociado
5	Manómetros de placa de vertedero
6	Manómetros longitudinales del tanque de arena
7	Manómetro de pozo izquierdo
8	Manómetro lateral y de pozo derecho
9	Escala de inclinación del tanque de arena
10	Válvulas de control de pozo LH y RH
11	Cortinas plásticas
12	Hoja de polvo polietileno
13	Caja de control de bombas
14	Medidor de flujo de área variable
15	Válvulas de suministro del tanque de cabecera
16	Válvulas de boquillas
17	Gato mecanico
18	Tanque de cabecera

Ilustración 27. Plotter

Fuente: Autores

5.1.6.3. Riesgos:

5.1.6.3.1. Riesgos generales:

- Debido a que el equipo durante la mayor parte del tiempo está trabajando con agua, se pueden presentar salpicaduras que humedezcan el piso del laboratorio, por lo que se debe tener precaución para no sufrir caídas.

5.1.6.3.1.1. Señalización piso húmedo:



Ilustración 28. Piso húmedo

Fuente: ARL SURA (s. f.)

- Durante la jornada de experimentación los estudiantes deben permanecer detrás de la línea de seguridad de color amarillo y negro, ya que el equipo cuenta con piezas sensibles que pueden sufrir daños, así como causar lesiones y pérdidas económicas.

5.1.6.3.1.2. Señalización riesgo indeterminado:



Ilustración 29. Riesgo indeterminado

Fuente: IMPLASER (s.f)

5.1.6.3.2. Riesgo eléctrico:

- Al estar en funcionamiento el equipo puede salpicar con agua el tomacorriente, el cable de conexión del equipo o las bombas, lo cual puede generar chispas o cortos que pueden perjudicar tanto al equipo como al personal que se encuentre dentro del laboratorio, por lo cual se recomienda asegurarse de que estos permanezcan secos en todo momento.
- Se debe verificar que al conectar el equipo el tomacorriente sea de 120v evitando que se generen daños en los dispositivos eléctricos del equipo.

5.1.6.3.2.1. Señalización:



Ilustración 30. Riesgo Eléctrico

Fuente: ARL SURA (s. f.)

5.1.6.3.3. Riesgo Mecánico:

- Tenga precaución cuando realice cambios de la pendiente del tanque de arena, los deflectores o cualquier otro accesorio del equipo, ya que se podría presentar una lesión de sus extremidades principalmente en las superiores.

5.1.6.3.3.1. Señalización:



Ilustración 31. Señalización

Fuente: Alcaldía Municipal Pitalito Huila (s.f)

5.1.6.4. Mantenimiento preventivo:

Con el fin de mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento, es necesario llevar a cabo una serie de acciones de forma periódica las cuales evitan que se generen daños de gravedad en el equipo y garantizan su vida útil, para esto se plantea lo siguiente:

5.1.6.4.1. Lavado del tanque de suministro:

El equipo maneja una gran cantidad de agua que permanece almacenada en el tanque de suministro a lo largo de tiempo, por lo cual es importante tener en cuenta que como expresa Cussons Technology Ltd (2014):

> Todos los sistemas abiertos en los que el agua se utiliza y almacena durante largos períodos tendrán tendencia a ser colonizados por hongos, algas y bacterias. La velocidad y la naturaleza exacta de esta colonización dependerá de las condiciones particulares del lugar. (p.10)

Por esto, teniendo en cuenta los parámetros de calidad del agua establecidos en las especificaciones técnicas y límites del sistema cada vez que haga uso del equipo procure medir estos parámetros, cuando el agua ya no se encuentre en buenas condiciones y presente un color

amarillento como se muestra a continuación, proceda al vaciado y posterior limpieza del tanque de suministro.



Ilustración 32. Lavado de tanque

Fuente Autores

5.1.6.4.1.1. Para realizar el lavado del tanque:

1. Reúna los siguientes materiales:
    - Jabón neutro.
    - Limpión.
    - Balde.
    - Esponja.
    - Tubo de desagüe. (Accesorio para el desagüe)
    - Manguera de llenado

- Elementos de protección personal: Guantes y tapabocas.

2. Siga el siguiente procedimiento:

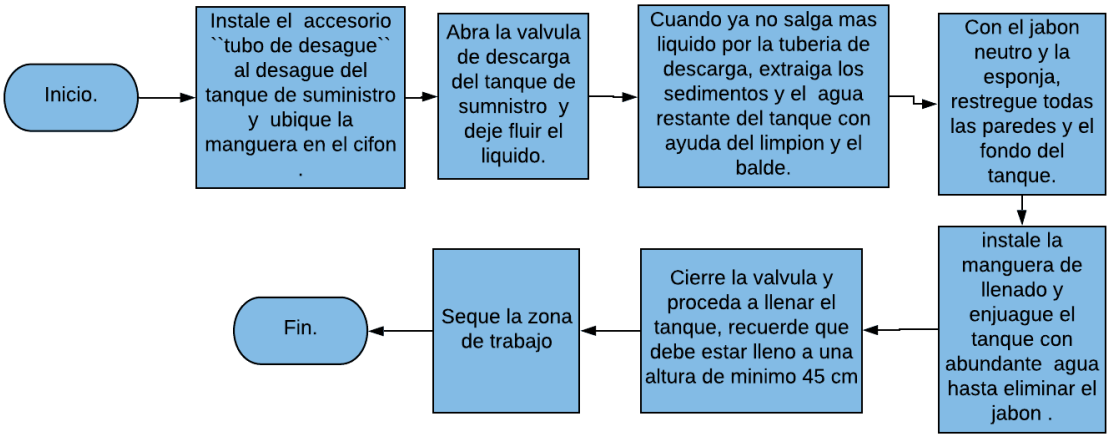


Diagrama 3. Procedimiento de lavado

Fuente: Autores

5.1.6.4.1.2. Recomendación:

Asegúrese de extraer cualquier sedimento de arena que encuentre en el tanque de suministro para prevenir daños a las bombas y la obstrucción de las boquillas y filtros.

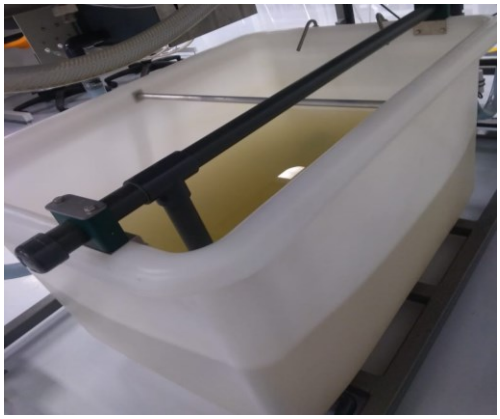
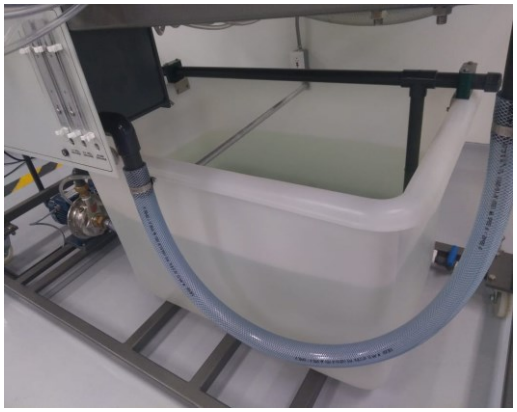
Antes	Después
	

Ilustración 33. Antes y después del lavado

Fuente: Autores

5.1.6.4.2. Esterilización del sistema:

Es esencial que el agua y el lecho de arena se mantengan limpios y libres de incrustaciones biológicas. Un lecho de arena húmedo en un laboratorio cálido es un medio de propagación ideal para una amplia variedad de bacterias, algas y hongos (Cussons Technology Ltd, 2014, p.56). Con base en esto y buscando salvaguardar la salud de las personas que interactúan con el equipo es necesario esterilizar el sistema para eliminar bacterias, algas y hongos que se puedan encontrar a lo largo de los subsistemas; para esto se recomienda que cada tres a doce meses, o dependiendo del uso y se considere pertinente se realice el siguiente procedimiento:

1. Reúna los siguientes materiales:

- Elementos de protección personal: Guantes y tapabocas.
- Desinfectante o agente esterilizante, se recomiendan Promanex supersil ninguno de ellos es tóxico, pero se recomienda seguir las instrucciones de uso y revisar las hojas de seguridad de este.

2. Realice el siguiente procedimiento:

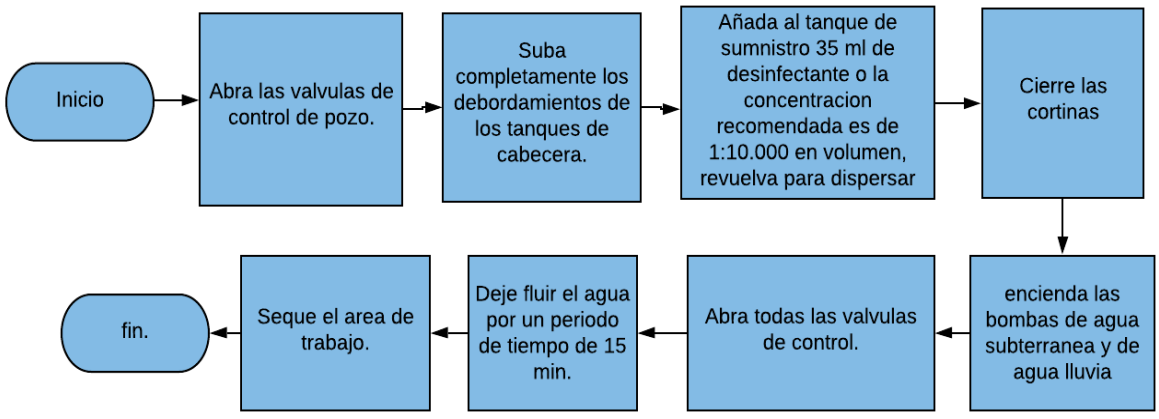


Diagrama 4. Procedimiento de desinfección

Fuente: Autores

5.1.6.4.2.1. Recomendación:

El sistema debe ser tratado cada vez que se llene de agua. “La frecuencia del tratamiento debe estar ajustada para limitar la población bacteriana a 10^3 colonias/mililitro.” (Cussons Technology Ltd, 2014, p.56).

6. DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS

Durante el periodo de experimentación se llevaron a cabo 3 experimentos de los 11 establecidos por el proveedor, los cuales fueron elegidos por el docente para la asignatura manejo integral de cuencas hidrográficas, teniendo en cuenta que estos complementan los conocimientos adquiridos en el aula. Dichos experimentos son los siguientes:

1. Capacidad de infiltración.
2. Déficit de humedad del suelo y escorrentía.
3. Mecánica fluvial. Demostración de un cauce de río.

Para garantizar la confiabilidad de la información que será entregada por medio del manual a los estudiantes, maestros y personas interesadas en trabajar con el equipo se desarrollaron estos experimentos en repetidas ocasiones, definiendo así la estructura y composición de cada experimento como se muestra a continuación.

1. **Introducción:** En este apartado el estudiante, docente o auxiliar de laboratorio encuentra una breve descripción que de manera conceptual busca que se familiarice con la práctica académica que va a llevar a cabo de manera que esta base teórica pueda ser corroborada y entendida de una forma más integral al ponerlo en práctica
2. **Objetivo:** Expone de manera muy específica y resumida lo que se debe obtener como resultado de la experimentación.

3. **Preparación del equipo:** Consiste en una tabla que da a conocer las correspondientes especificaciones acerca de cómo se deben preparar componentes y accesorios del equipo como los deflectores impermeables, los tubos de revestimiento de pozo, válvulas de control de pozo, la pendiente, la arena, las boquillas de rociado
4. **procedimiento:** Por medio de diagramas de flujo se indica el orden en el que se deben realizar cada una de las actividades que componen las prácticas.
5. **Proceso de recolección de datos:** A través de un pequeño plano se muestra las instalaciones del laboratorio de modelación ambiental que se usan durante la experimentación con el fin de que los estudiantes, docentes y auxiliares de laboratorio puedan identificar y definir la posición que tomará cada uno durante el desarrollo de las respectivas prácticas académicas.
6. **Actividades y funciones:** Dependiendo de la posición que seleccione cada integrante del grupo, se establece una respectiva actividad o función, permitiéndole así que se enfoque en esta y por lo tanto se facilite la recolección de los datos y adecuado desarrollo del experimento, permitiendo alcanzar el objetivo planteado.
7. **Modelo matemático:** Se da a conocer las fórmulas matemáticas y la explicación de cada una de estas esta y sus respectivos componentes cuando el experimento lo requiera, con el fin de que en base a estas el estudiante logre sustentar y comprender mejor tanto la teoría suministrada como lo observado y analizado durante cada una de las prácticas.
8. **Tabulación de datos:** Se facilitan las respectivas tablas y explicación de los pasos a seguir para consignar adecuadamente en esta los datos obtenidos durante las prácticas con el fin de facilitar la recolección e interpretación de los mismos.

9. **Lista de chequeo:** Esta se puede encontrar como un anexo dentro del manual, tiene como función ayudar al estudiante a verificar que el equipo se encuentre en las condiciones óptimas para llevar a cabo cada una de las prácticas según los requerimientos de las mismas buscando el cuidado del equipo, así como de sus componentes y la seguridad física de quienes harán parte de la práctica

6.1. Experimento 1. Capacidad de infiltración:

6.1.1. Introducción:

En este experimento se busca medir la tasa de infiltración del suelo entendiendo que cuando la lluvia cae sobre el suelo, parte de la lluvia se infiltra por el suelo y la velocidad de infiltración de esta va a depender del tipo de suelo y su porosidad, por lo tanto la tasa de infiltración va a depender del número y tamaño de los espacios porosos en el suelo y contenido de agua en el mismo, con esto podemos concluir que cuando el suelo está inicialmente seco la tasa de infiltración será alta, pero a medida que los espacios porosos vacíos se llenan desde la superficie hacia abajo, la tasa de infiltración va a disminuir hasta que sea igual a la velocidad de transporte vertical que representa un flujo laminar sin obstáculos a través de una red continua de poros, la infiltración entonces va a continuar a este ritmo hasta que el suelo se sature completamente, en este punto no puede ocurrir más infiltración (Cussons Technology Ltd, 2014).

6.1.2. Objetivo:

Medir la tasa de infiltración en una cuenca modelo, con el fin de determinar su capacidad de infiltración. (Cussons Technology Ltd, 2014)

6.1.3. Preparación del equipo:

Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierda con bafle impermeable.	Deflector permeable a la derecha con accesorio de plano de inundación
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo Equipado	Derecha Equipada
Válvulas de Control de pozo	Izquierda Cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A Nivel	
Arena	200 mm de Profundidad con respecto a la base del tanque, la cual debe estar seca	
Boquillas de rociado	Grandes	
Válvulas de control de flujo de Boquilla.	Totalmente abiertas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda Cerrada	Derecha Cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda totalmente abajo	Derecha totalmente abajo

Tabla 10. Especificaciones experimento 1

Fuente: Tomada y modificada de cussons technology Ltda, 2014

6.1.4. Procedimiento:

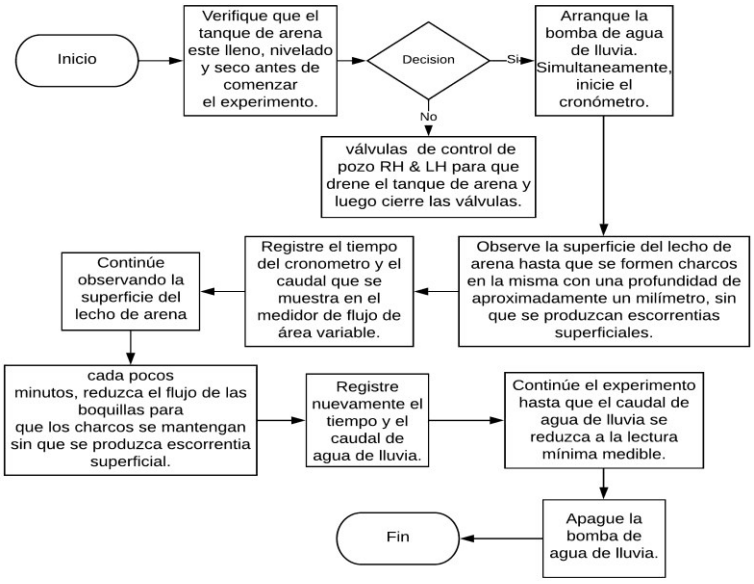


Diagrama 5. Procedimiento experimento 1

Fuente: Autores

6.1.5. Proceso de recolección de datos del experimento 1:

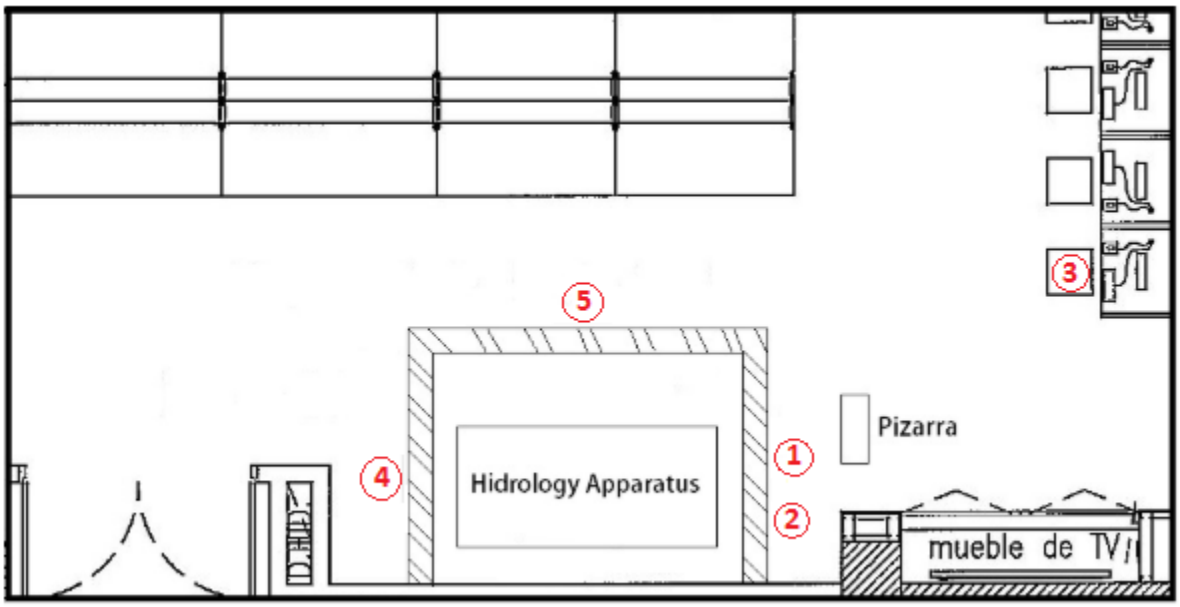


Ilustración 34. Plano de Ubicación para el experimento 1

Fuente: Autores

Tomado y modificado de: Oficina de Planeación y control

6.1.6. Actividades y funciones:

6.1.6.1. Persona 1: Se encargará de manejar las válvulas de control de flujo de las boquillas, con el fin de mantener la lámina de agua y evitar la escorrentía deberá hacer una reducción paulatina del flujo de agua, primero debe hacer la reducción de cada una de las válvulas a 1/4, cuando se esté por iniciar la escorrentía se realiza una reducción a 2/4; cuando nuevamente inicie la escorrentía se realiza un nueva reducción a ¾ y cuando inicie nuevamente la escorrentía se cierra completamente la válvula.

6.1.6.2. Persona 2: Llevará a cabo la visualización de datos que registre el medidor de flujo de área variable en los momentos indicados en el procedimiento.

6.1.6.3. Persona 3: Tomará los datos indicados por sus compañeros en las hojas de cálculo por medio del computador (tabla de intensidad de la lluvia)

6.1.6.4. Persona 4: Visualizará y dará aviso cuando se presente la formación de una lámina de agua de aproximadamente 1 mm sin que se produzca escurrimiento en la superficie del lecho de arena.

6.1.6.5. Persona 5: Llevará a cabo la revisión de tiempos en cronómetro cuando se lo indiquen sus compañeros y le informará los respectivos datos a la persona 3

6.1.7. Modelo matemático experimento 1:

6.1.7.1. Intensidad de la precipitación para cada lectura del caudal de agua lluvia:

Según Cussons Technology Ltd (2014):

> Para los experimentos con el Aparato de Hidrología de Cussons, la intensidad puede ser determinada a partir de la medición de la tasa de flujo de la bomba de agua de lluvia utilizando el medidor de flujo de área variable y dividiéndola por el área del tanque de arena, o la parte apropiada del área del tanque de arena si se utilizan menos de 8 boquillas. (p.21)

Por lo que la intensidad de la precipitación (i):

 (1)

Donde:

Qr = caudal de agua de lluvia en l/min.

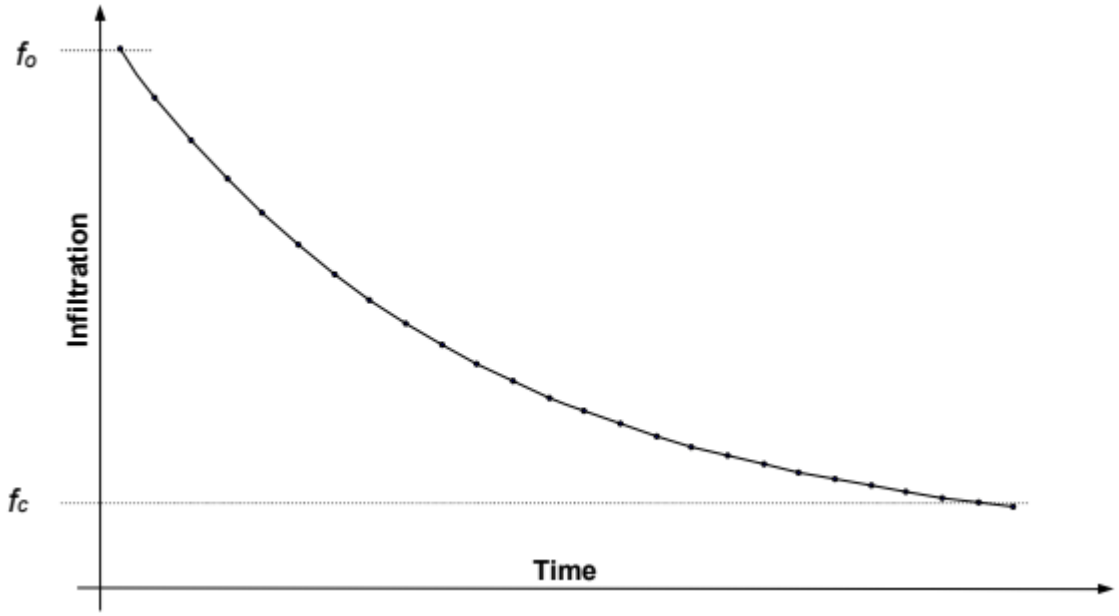
1.6 = Constante correspondiente al largo del tanque de arena en m

0.8 = Constante correspondiente al ancho del tanque de arena en m

60 = Constante correspondiente a la conversión de minutos a horas del caudal de agua lluvia

6.1.7.1.1. Gráfica experimento 1

La gráfica que se espera obtener después de la recolección de los datos, será una muy similar a la siguiente al graficar la tasa de infiltración vs tiempo:



Gráfica 1. Tasa de infiltración vs tiempo

Tomada de: Cussons Technology Ltd, 2014

Elija tres puntos diferentes en la curva y sustituya en la ecuación de tasa de infiltración hasta la saturación y resuelve las tres ecuaciones simultáneas resultantes para evaluar las constantes k, f0 y fc; determine la capacidad de infiltración del tanque de arena midiendo el área debajo del gráfico de la tasa de infiltración contra el tiempo por integración numérica o por algún otro conveniente método. (Cussons Technology Ltd, 2014)

6.1.7.2. Tasa de infiltración hasta la saturación

Según Cussons Technology Ltd (2014) "la tasa de infiltración hasta la saturación puede ser representada por una ecuación de la forma" (p.24):

[redacted]

f = Tasa de infiltración en el momento t

f_o = Tasa de infiltración en el momento t = 0

$\mathbf{f_c}$ = Tasa de infiltración final constante en el momento t.

k = Constante dependiendo del tipo de suelo

t = Tiempo

6.1.9. Tabulación de datos experimento 1

Para graficar la tasa de infiltración contra el tiempo se recomienda usar la siguiente tabla que lleva por nombre intensidad de lluvia, la cual debe ser llenada en el momento en el que se realice la práctica académica, con la cual se debe relacionar el tiempo en el eje de (x) como variable independiente y la tasa de infiltración en (y) como variable dependiente, teniendo en cuenta que siempre se haya reducido adecuadamente el caudal para que no haya escorrentía, de modo que la tasa de infiltración será igual a la intensidad de la lluvia en el momento de cada lectura (Cussons Technology Ltd, 2014). Para calcular la intensidad de la lluvia utilice la fórmula dada en el manual en la sección correspondiente al modelo matemático de este experimento.

Al momento de graficar la tasa de infiltración contra el tiempo se debe ajustar la función a aquella con el R-cuadrado más cercano a 1.

Formación de charcos	
Tiempo	
Caudal (l/min)	

Tabla 11. Tiempo de saturación experimento 1

Fuente: Autores

Intensidad de la lluvia		
T (min)	Q (L/min)	i (mm/h)

Tabla 12. Tabulación experimento 1

Fuente: Autores

6.2. Experimento 2. Déficit de humedad del suelo y escorrentía.

6.2.1. Introducción:

Según Cussons Technology Ltd (2014):

> Si las lluvias superan la tasa máxima de infiltración, entonces se producirá una escorrentía superficial con el agua fluyendo sobre la superficie en dirección descendente en red desde el menor goteo hasta los arroyos y ríos. Sin embargo, si la intensidad de la lluvia es inicialmente menor que la tasa de infiltración máxima, la escorrentía se retrasará hasta que la tasa de infiltración máxima haya disminuido hasta ser igual a la intensidad de la lluvia. La relación entre la precipitación y la escorrentía se ve amortiguada tanto en tiempo como en cantidad por el déficit de humedad del suelo. (p.33)

Lluvia = déficit de humedad del suelo + escorrentía

6.2.2. Objetivo:

"Utilizar la curva de infiltración obtenida en el experimento 1 para estimar el déficit de humedad del suelo y la escorrentía para una tormenta fuerte." (Cussons Technology Ltd, 2014, p.37)

6.2.3. Preparación del equipo:

Lo ideal es que este experimento se lleve a cabo inmediatamente después de completar el experimento 1, ya que el lecho filtrante se encuentra saturado. De no ser así, prepare el equipo con las siguientes especificaciones.

Deflectores impermeables	Izquierda con bafle impermeable.	Derecha con bafle permeable con accesorio plano de inundación.
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo Equipado.	Derecha Equipada.
Válvulas de Control de pozo	Izquierda Cerrada.	Derecha cerrada.
Pendiente Tanque de arena	A Nivel.	
Arena	200 mm de Profundidad con respecto a la base del tanque, la cual debe estar seca.	
Boquillas de rociado.	Grandes.	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Totalmente abiertas.	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda Cerrada.	Derecha Cerrada.
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda totalmente abajo	Derecha totalmente abajo.

Tabla 13. Especificaciones experimento 2

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd

6.2.4. Procedimiento:

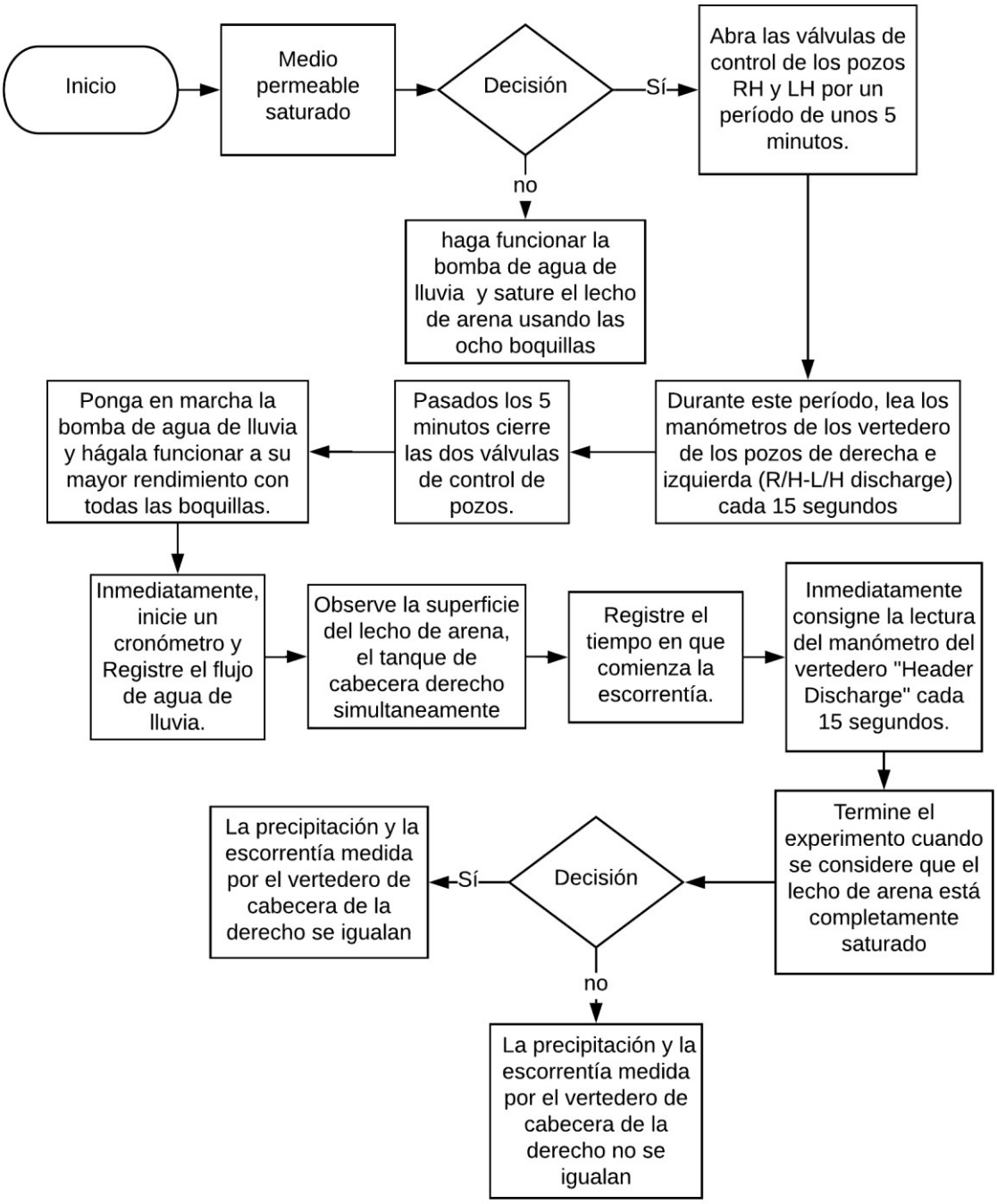


Diagrama 6. Procedimiento experimento 2

Fuente: Autores

6.2.5. Proceso de recolección de datos del experimento 2:

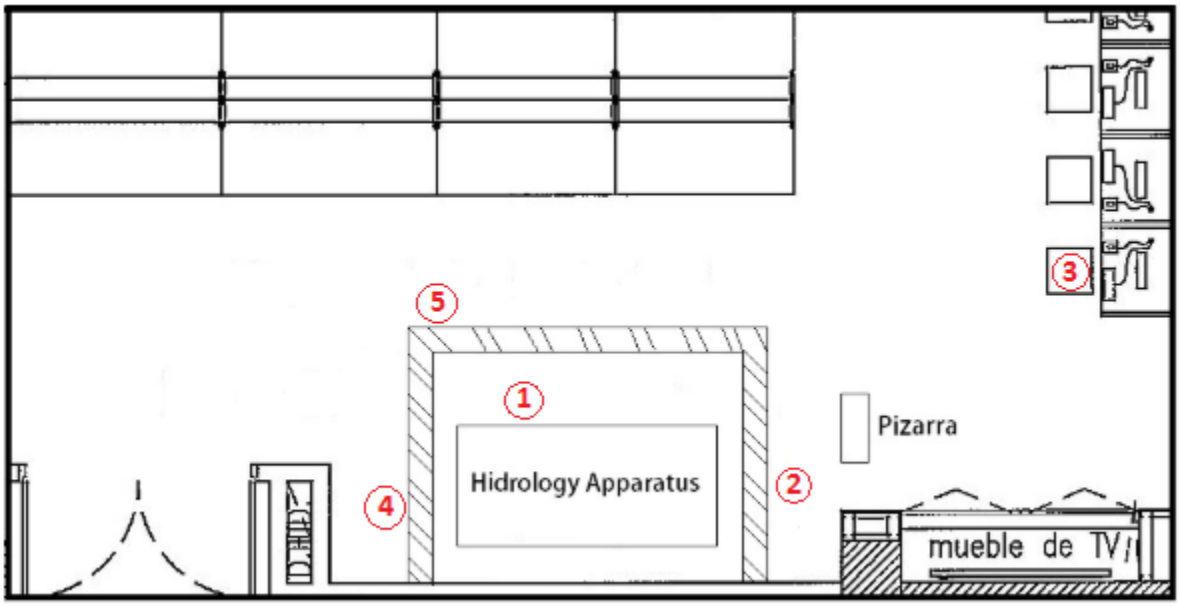


Ilustración 35. Plano de Ubicación para el experimento 2

Fuente: Autores

Tomado y modificado de: Oficina de Planeación y control.

6.2.6. Actividades y funciones:

6.2.6.1. Persona 1: Será la encargada del manejo de las válvulas de control de pozo RH y LH cada vez que sea necesario, igualmente, cuando la persona encargada del tiempo se lo indique deberá realizar la lectura de los manómetros de los vertederos de pozo de derecha e izquierda (R/H y L/H discharge)

6.2.6.2. Persona 2: Llevará a cabo la lectura de los valores que registre el medidor de flujo de área variable, además pondrá en marcha y detendrá la bomba de agua lluvia cuando corresponda.

6.2.6.3. Persona 3: Tomará los datos indicados por sus compañeros en las hojas de cálculo por medio del computador.

6.2.6.4. Persona 4: Observara simultáneamente la superficie del lecho de arena y el tanque de cabecera derecho e indicará a sus compañeros el momento en el comience la escorrentía.

6.2.6.5. Persona 5: Llevará a cabo la revisión de tiempos en cronómetro cuando se lo indiquen sus compañeros y le informará los respectivos datos a la persona 3

6.2.7. Tabulación experimento 2:

- Para la fase de descarga de pozo realice los siguientes pasos:

1. Haciendo uso de la tabla de fase de descarga de pozo y de precipitación tabule los datos recolectados a medida que el procedimiento del experimento lo indique, posteriormente con ayuda de la ilustración 36, convierta las alturas de los manómetros (mm) en tasas de flujo (L/min).

Fase de descarga del pozo				
	Manometro izquierdo		Manometro derecho	
Tiempo	h (mm)	q (L/min)	h (mm)	q (L/min)

Tabla 14. Fase de descarga de pozo

Fuente: Tomada y modificada de cussons technology Ltd, 2014

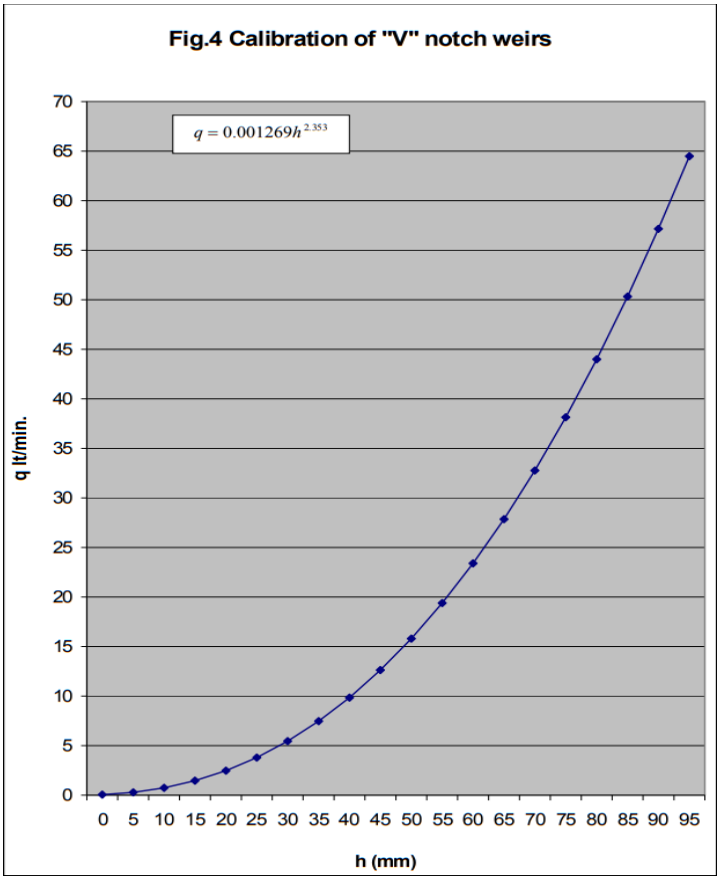


Ilustración 36. Calibración de vertederos

Fuente: Cussons Technology Ltd, 2014

2. Dibuje una gráfica de descarga total, donde el eje de las (x) estará el tiempo y el eje de las (y) estarán las tasas de flujo calculadas previamente. (Cussons Technology Ltd, 2014)

3. "Determine el déficit de humedad del suelo midiendo el área debajo del gráfico por integración numérica u otro método. Exprese la respuesta en milímetros dividiéndola por la superficie del lecho de arena." (Cussons Technology Ltd, 2014, p.37)

Déficit de humedad del suelo= Área debajo del gráfico x Escala de tiempo de la gráfica x Escala de la tasa de flujo del gráfico

- Para la fase de precipitación lleve a cabo los siguientes pasos:

4. “Determine la cantidad de lluvia. Siempre que el flujo de la lluvia haya sido constante durante esta fase de la prueba, entonces” (Cussons Technology Ltd, 2014, p.38):

Precipitación = (Velocidad de flujo x duración) / Superficie del lecho de arena

Las precipitaciones se deben expresar en milímetros.

Fase de precipitación			
Tiempo	Precipitación	Descarga tanque de cabecera derecho	
	Flujo de area vareable (L/min)	Manometro (mm)	q (L/min)

Tabla 15. Fase de precipitación

Tomada: Manual de instrucciones cussons technology Ltd

5. Determine la cantidad de escorrentía realizando un gráfico donde en el eje de la (y) estará el caudal de descarga del cabezal derecho contra el tiempo en el eje de las (x) luego mida el área bajo el gráfico. (Cussons Technology Ltd, 2014)

6. “Investigue la verdad de la siguiente relación entre el déficit de humedad del suelo, la lluvia y la escorrentía” (Cussons Technology Ltd, 2014, p.38):

Precipitación = Déficit de humedad del suelo + Escorrentía

Los resultados pueden superponerse al gráfico de la tasa de infiltración obtenida del experimento 1.

6.3. Experimento 3. Demostración de la mecánica fluvial del lecho de un río:

6.3.1. Introducción:

En un rio donde el agua fluye normalmente las mayores erosiones se producen durante las crecidas, pues cuando la fuerza de arrastre de las aguas aumenta y es superada la velocidad critica para la mayor parte de las partículas del cauce, los ríos modifican su sección, variando así su profundidad y anchura con esto se ajustan al proceso de erosión; por otro lado, cuando el caudal de crecida y la velocidad disminuyen, las aguas pierden su capacidad de arrastre, y se va produciendo la sedimentación progresiva de los diferentes tipos de partículas que transportaba. Estos procesos de agradación y degradación de los cauces producen de forma natural y periódica, como consecuencia de las variaciones en los caudales del río y la carga de solidos provenientes de las laderas. (Gobierno de Navarra, s. f.)

6.3.2. Objetivo:

Demostrar la erosión y el transporte del suelo en el lecho de un río. (Cussons Technology Ltd, 2014)

6.3.3. Preparación del equipo:

Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo impermeable sin accesorio de placa	Derecho impermeable sin accesorio de placa
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo reemplazado por tapones	Derecho reemplazado por tapones
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	Máxima	
Arena	200mm de profundidad. Utiliza la herramienta de perfilado de formas para construir un lecho de río serpenteante	
Boquillas de rociado.	Ninguna	

Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda completamente arriba	Derecha completamente arriba

Tabla 16. Especificaciones experimento 3
Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd

6.3.4. Procedimiento:

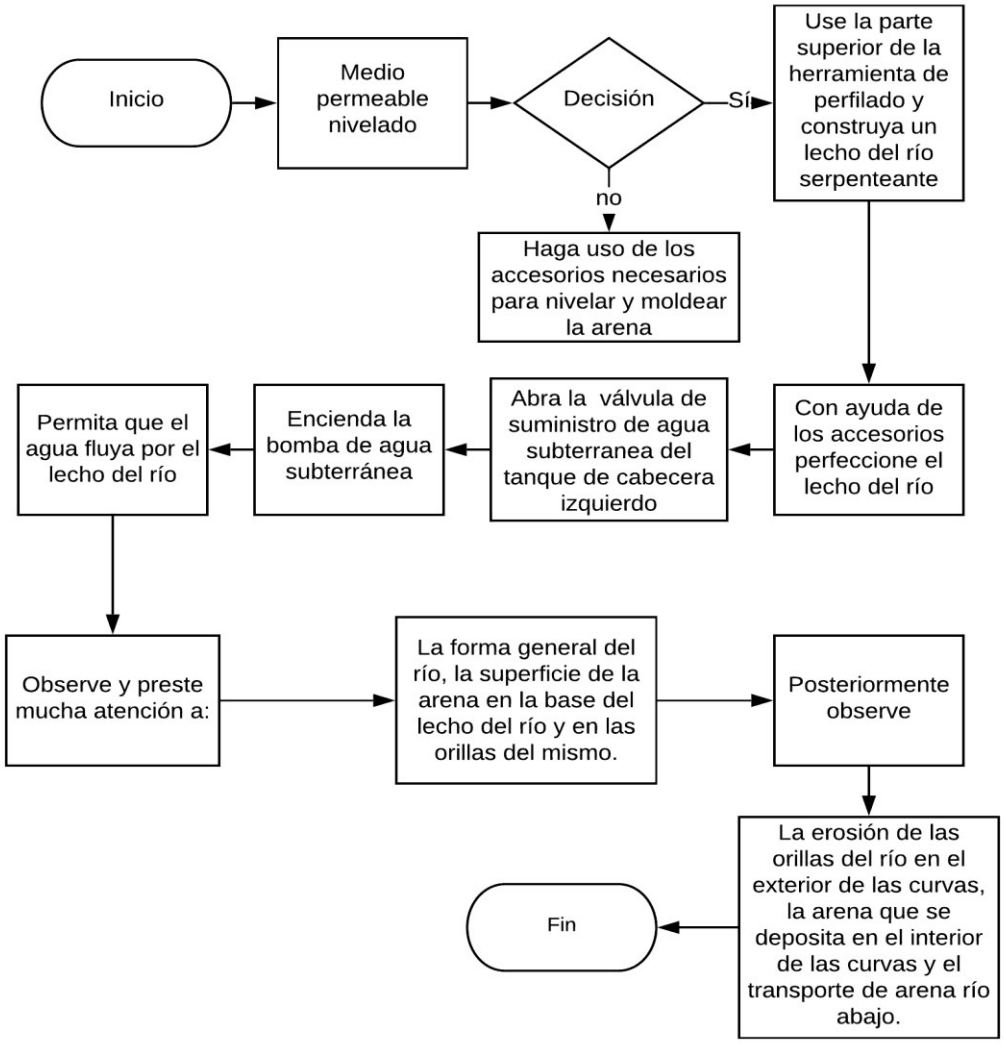


Diagrama 7. Procedimiento experimento 3

Fuente: Autores

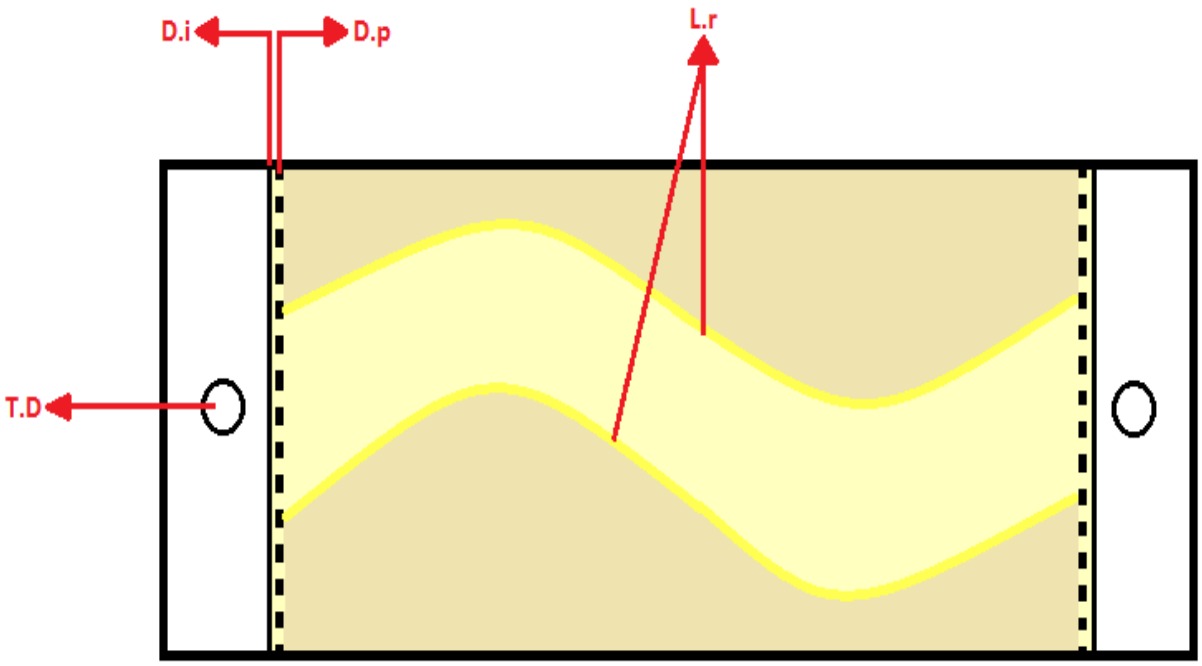


Ilustración 37. Demostración lecho de río serpenteante

Fuente: Autores

Abreviatura	Nombre
L.r	Lecho de río
D.p	Deflector permeable
D.i	Deflector impermeable
T.D	Tubo de desbordamiento

Tabla 17. Abreviaturas demostración lecho de río serpenteante

Fuente: Autores

6.3.5. Proceso de recolección de datos del experimento 3:

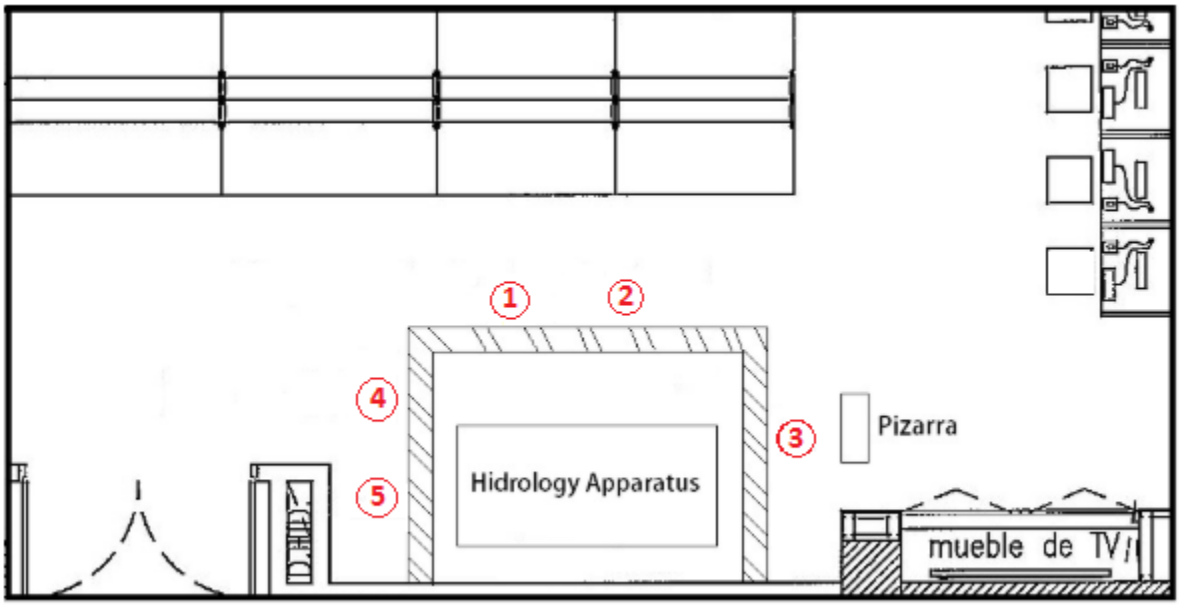


Ilustración 38. Plano de Ubicación para el experimento 3

Fuente: Tomado y modificado de oficina de Planeación y control

6.3.6. Actividades y funciones:

Cada persona está ubicada en una posición diferente alrededor del equipo con el fin de ver el experimento desde diferentes puntos y tener una mejor claridad de lo estudiado.

6.3.6.1. Persona 1: Verificará que el medio permeable se encuentre nivelado en caso de que no, deberá utilizar los accesorios necesarios para adecuarlo y observar atentamente el experimento.

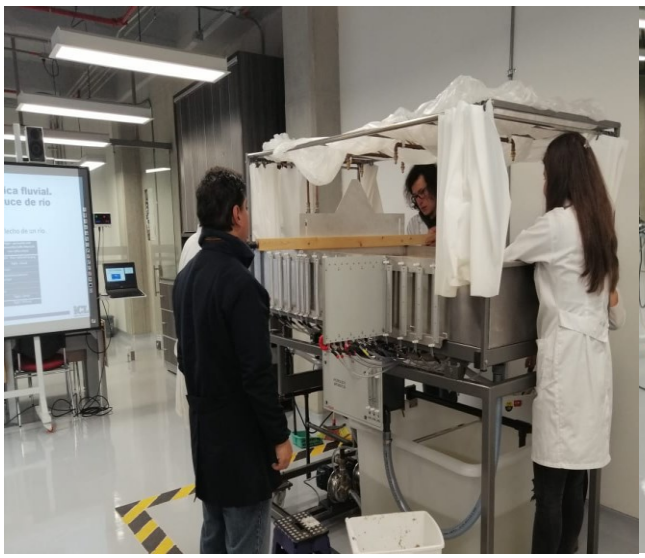
6.3.6.2. Persona 2: Usando la herramienta de perfilado construirá el lecho del río serpenteante luego contribuirá a las actividades de sus compañeros y observara atentamente el lecho del río.

6.3.6.3. Persona 3: Abrirá la válvula de suministro de agua subterránea y encenderá la bomba de agua lluvia, luego podrá observar con atención el lecho del río.

6.3.6.4. Persona 4: tomará nota y observará qué sucede en el lecho del río.

6.3.6.5. Persona 5: observará atentamente el lecho río y deberá colaborar con sus compañeros.

6.4. Evidencia fotográfica:



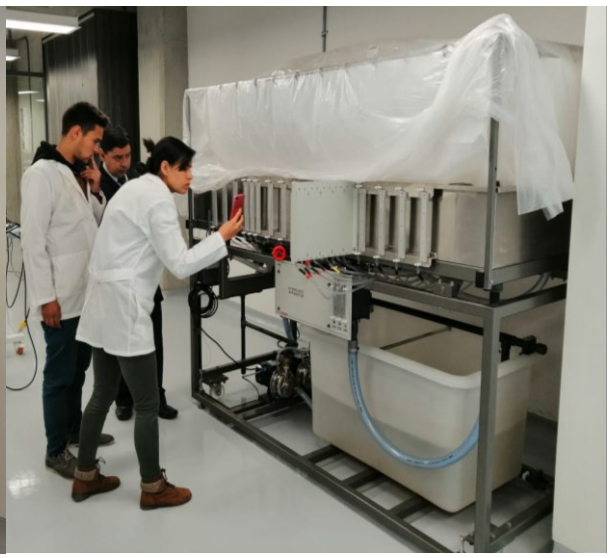








Ilustración 39. Evidencias fotográficas

Fuente: Autores

7. IMPLEMENTACIÓN DEL DOCUMENTO GUIA

7.1. Propósito del manual:

Este manual tiene como propósito ser una herramienta que permita a las personas que interactúen con el Hydrology Apparatus hacer un reconocimiento integral del equipo y su potencial, además de permitirles desarrollar de forma correcta algunos procedimientos específicos como lo son: el encendido, apagado, instalación, lavado del tanque, desinfección, entre muchas cosas más como los riesgos y precauciones que se deben tener en cuenta antes, durante y después de hacer uso del mismo.

En este también se plasman algunos cálculos básicos que son de utilidad para el análisis de la información y la lectura de los instrumentos de medición con los que cuenta el equipo, adicionalmente se ilustran una serie de prácticas académicas enfocadas al manejo integral de cuencas las cuales pueden ser utilidad para las clases relacionadas con el tema así como para la investigación de manera general.

7.2. Alcance del manual

Este manual será de apoyo para estudiantes, docentes y auxiliares de laboratorio los cuales requieren información acerca del equipo ya sea para llevar a cabo su uso, almacenamiento o mantenimiento garantizando que se realice de manera correcta y segura.

7.3. Estructura del manual

Siguiendo el modelo propuesto para manual de protocolos del Sistema Integrado de Gestión de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (**SIGUD)** dentro del Manual de Protocolos y Prácticas Académicas se cuenta con 7 capítulos los cuales son:

7.3.1. Capítulo I. Reconocimiento del Equipo HYDROLOGY APPARATUS P6530

En este capítulo podemos encontrar: la finalidad de uso del equipo al igual que sus dimensiones y límites del sistema, características del agua y medio permeable, así como la descripción de cada una de los subsistemas que lo componen, los componentes de los mismos y los accesorios del equipo.

7.3.2. Capítulo II: Operaciones previas al uso

Dentro de este capítulo se da a conocer las correspondientes operaciones que se deben realizar antes de poder hacer uso del equipo como lo son la instalación y la ubicación del equipo dentro del laboratorio de modelación ambiental, al igual que la conexión del mismo y las respectivas indicaciones y recomendaciones establecidas para cada una.

7.3.3. Capítulo III. Configuración Preliminar.

En este capítulo se ilustró por medio de diagramas de flujo la forma cómo se debe realizar el encendido y apagado del equipo de forma correcta y ordenada, al igual que las consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de llevarlos a cabo.

7.3.4. Capítulo IV. Procedimiento de medición.

Se ilustra por medio de un pequeño plano cómo deben estar organizadas las personas en el momento de realizar alguna de las prácticas relacionada con manejo integral de cuencas, además, se designan haciendo uso de números las funciones designadas para el desarrollo de la misma.

7.3.5. Capítulo V. Prácticas académicas.

Se encuentran explicadas tres prácticas las cuales son aplicadas al manejo integral de cuencas, para poder llevar a cabo su desarrollo se utilizó un diagrama de flujo el cual indica el procedimiento, también se presenta una pequeña introducción conceptual, los objetivos e indicaciones para la preparación del equipo en cada una de las prácticas.

7.3.6. Capítulo VI: Visualización de datos.

Están ilustradas diferentes ecuaciones básicas la cuales sirven para el cálculo de las diferentes variables que se pueden medir con el equipo además de las gráficas y bases necesarias para facilitar el análisis y recolección de datos obtenidos con el desarrollo de los experimentos.

7.3.7. Capítulo VII: Cuidados básicos y mantenimiento

Se explica paso a paso cómo se debe realizar la desinfección y lavado de tanque también los riesgos y precauciones que se debe tener al usar el equipo y los cuidados que se recomiendan para su almacenamiento y mantenimiento.

- **Ilustración de la guía:**

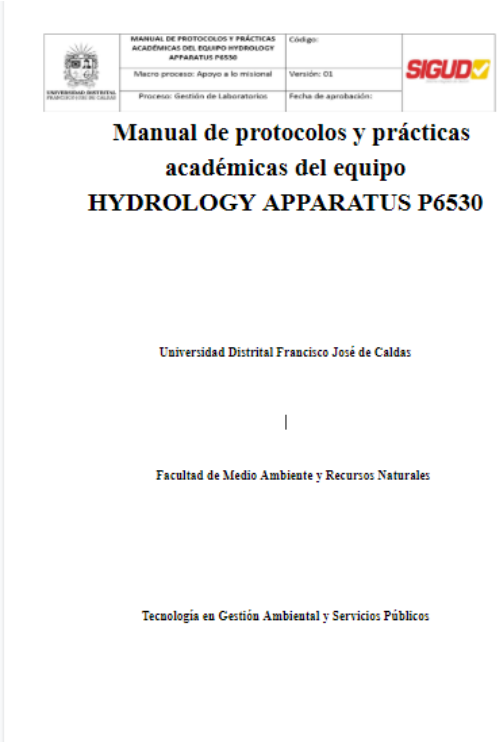


Ilustración 40. Portada Manual de protocolos y prácticas académicas

Fuente: Autores

8. SOCIALIZACIÓN

El desarrollo de la socialización se llevó a cabo con estudiantes de la materia de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, pero debido a la anormalidad de la situación que se dio por el virus COVID 19 solo se logró socializar con 2 grupos dentro del laboratorio llevando el siguiente proceso con cada uno de ellos:

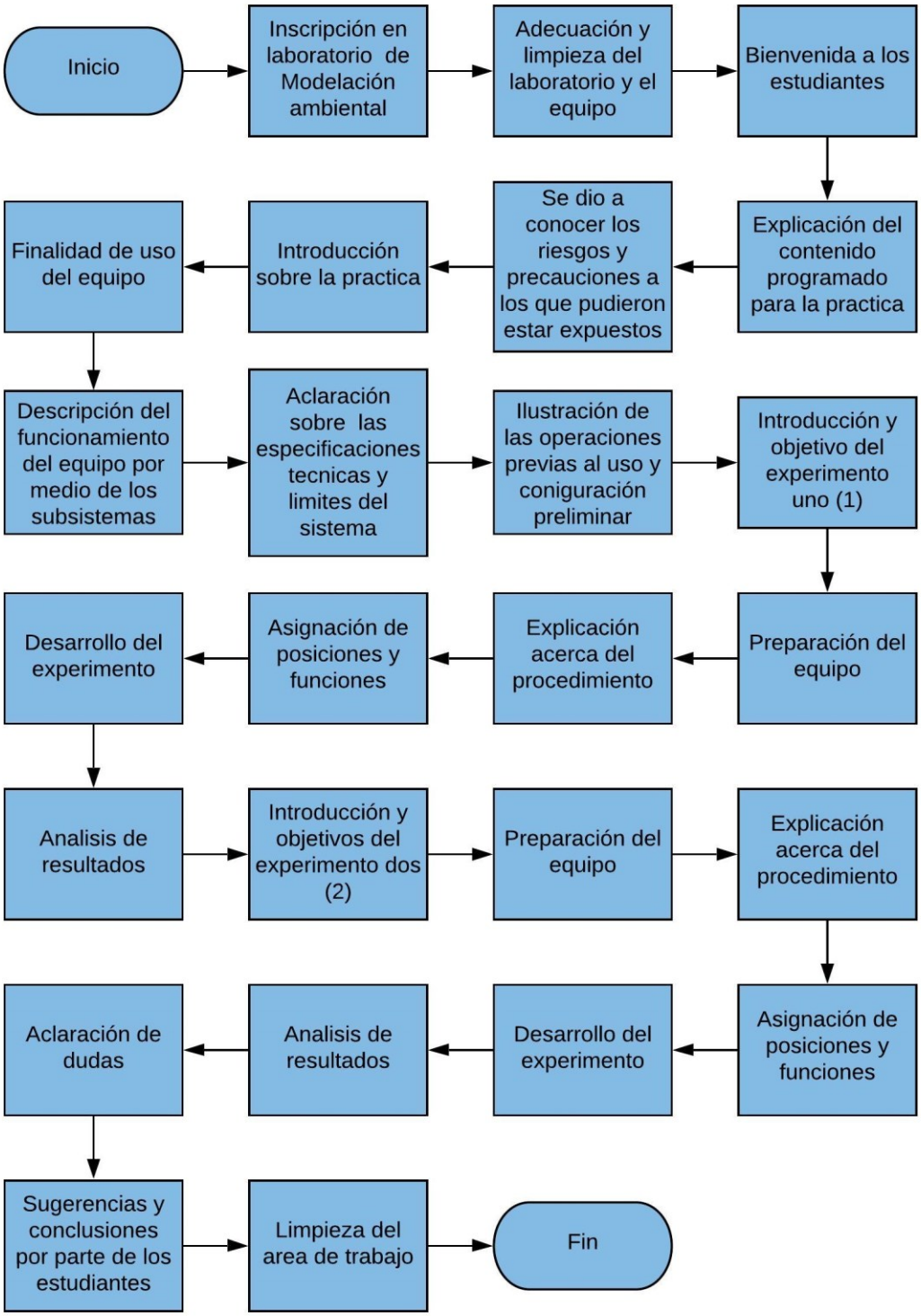


Diagrama 8. Proceso de socialización

Fuente: Autores

8.1. Primera práctica:



Ilustración 41. Socialización 1 grupo

Fuente: Autores

8.2. Segunda práctica:



Ilustración 42. Socialización 2 grupo

Fuente: Autores

9. CONCLUSIONES

1. La información proporcionada por el proveedor, como el manual de instrucciones, así como las ayudas audiovisuales brindadas no solo resultan insuficientes en su contenido acerca de la función de las partes más usadas del equipo, procedimientos básicos para su uso y los posibles riesgos para los usuarios, sino que además se identificaron algunos datos e instrucciones erróneas en estos como en la conexión y uso de algunos componentes y accesorios, por lo cual fue necesario un mayor trabajo experimental y de observación que permitiera tanto corroborar la información suministrada como identificar aquella que aún hacía falta y resultaba de gran importancia para lograr de una manera integral y confiable el reconocimiento del equipo, su funcionamiento, posibles riesgos y por lo tanto también el desarrollo de las actividades de investigación.
2. Con la revisión de fuentes de información secundaria como lo son los recursos bibliográficos y digitales, y gracias al trabajo directo con el equipo se lograron establecer diferentes operaciones que corresponden al encendido, apagado, almacenamiento y desinfección, para esto se utilizaron tablas y diagramas de flujo con el fin de describir los diferentes procedimientos para el desarrollo de cada una de estas actividades.
3. Mediante la observación al momento de realizar la experimentación y uso del equipo, se lograron identificar diferentes riesgos y precauciones que se deben tener en cuenta en el momento en que el personal utilice o desee utilizar este instrumento, para la identificación pronta de estos se desarrolló material infográfico el cual fue instalado en el equipo y un plotter que fue colgado en el LMA lo cual permite a las personas identificar los riesgos y así evitar posibles situaciones de peligro.

4. La información recolectada fue llevada a un documento el cual se estructuró con 7 capítulos que tiene por título “manual de protocolos y prácticas académicas del equipo HYDROLOGY APPARATUS P6530” el cual se espera que sea usado como una herramienta por estudiantes, docentes y auxiliares, antes durante y después de utilizar el equipo.
5. Los resultados obtenidos como producto de las socializaciones realizadas con los estudiantes fue satisfactoria, pues no sólo expresaron comprender la finalidad del manual y del equipo, sino que lograron aplicar y asociar lo aprendido previamente durante las clases de la asignatura de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, del mismo modo, nos fue posible identificar aspectos por mejorar tanto en el manual como para un desarrollo de las prácticas más lúdico y entendible.

10. RECOMENDACIONES

1. Es importante que se divulgue e incentive el trabajo con el equipo Hydrology Apparatus, así como de los demás equipos que se encuentran en los laboratorios de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de modo que se conviertan en herramientas que permitan generar y complementar conocimientos que son adquiridos por los estudiantes a lo largo de su formación académica.
2. Se recomienda llevar al manual la explicación de cada de uno de los experimentos que fueron entregados en el manual de instrucciones por el proveedor, ya que varios de estos pueden apoyar otras materias de diferentes carreras y este trabajo sólo tuvo en cuenta los que estaban relacionados con cuencas hidrográficas.
3. Cuando se lleve a cabo las prácticas académicas es de gran importancia velar por los espacios de trabajo, en este caso del Laboratorio de Modelación Ambiental al igual que de todas las herramientas y equipos que allí se brindan, con el fin de garantizar que todas las personas que requieran estos espacios para su desarrollo académico puedan gozar de las mejores condiciones.
4. Es de gran importancia que se tenga en cuenta el correspondiente mantenimiento y limpieza periódica del Hydrology Apparatus en su totalidad, de modo que no solo se asegure la vida útil y cuidado del equipo, sino que además se prevenga los riesgos que se puedan generar para la salud de quienes interactúen con el.
5. Haciendo uso de la tecnología se recomienda la sistematización del equipo lo cual beneficiara la recolección de los datos, teniendo en cuenta que para estos procesos se requiere de varias personas y en todos los experimentos se cuenta con el error humano dado que la toma de los datos en muchos casos debe ser simultánea.

11. REFERENCIAS

Alcaldía Municipal Pitalito Huila. (s. f.). *INDUCCIÓN – REINDUCCION SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO*. Recuperado de https://alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/SistemaGSST.pdf

ARL SURA. (s. f.). *Descarga de Señalización*. Recuperado de https://www.arlsura.com/index.php/descarga-de-senalizacion-2

Bárcenas, R. (2017). *Balance Hídrico de la Cuenca Abastecedora de la Planta de Tratamiento de Agua Potable «Luis Prieto Gómez» en la Vereda Gallinazo de Villamaría Caldas*. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD, Medellín. Recuperado de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13776/94395055.pdf;jsessionid=A392102B3ED376A0DD5A67D2ED6E02A1.jvm1?sequence=1

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.ª ed.). Colombia: Pearson Educación. Recuperado de http://anyflip.com/vede/ohla/basic

Bocanegra, D., & Cuervo, M. (2015). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DEL PLUVIÓMETRO ISCO 674 DEL LABORATORIO DE SERVICIOS PÚBLICOS*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, BOGOTÁ D.C. Recuperado de http://hdl.handle.net/11349/3361

Botía, W. Á. (2015). *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Cálculo*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C. Recuperado de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%2

0PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=1EDC15863C64F969A024884B3A8F449B?sequence=1

Braz, A., Garcia, P., Pinto, A., Chávez, E., & Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 29*(1), 69-85. doi:https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232

Cussons Technology Ltd. (s. f.). CUSSONS TECHNOLOGY. Recuperado de http://www.kamptec.nl/pdf/Cussonsbrochurealgemeen.pdf

Cussons Technology Ltd. (2014). *P6530 HYDROLOGY APPARATUS*.

Díaz, L., & Alarcon, J. (2018). *ESTUDIO HIDROLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO PARA DETERMINAR LA OFERTA Y LA DEMANDA DE AGUA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA NISCOTA PARA UN ACUEDUCTO INTERVEREDAL EN NUNCHÍA, CASANARE*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15989/1/Proyecto%20Final.pdf

Ferrer, V., & Torrero, M. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado.*, *48*(143), 615-643. https://doi.org/10.22201/iij.24484873e.2015.143.4941

Flores, L., & Alcalá, J. R. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Recuperado de https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf

Garros, M., & Safar, E. (Coord.) (2020). *Agua segura como derecho humano*. Salta: EUCASA (Ediciones Universidad Católica de Salta).

Gobierno de Navarra. (s. f.). *Ríos de Navarra—Cuadernos de educación ambiental*. Recuperado de https://issuu.com/blogotero/docs/educacion_ambiental_navarra

Hernández, M. (2017). *Inferencia Bayesiana Conjunta de modelos hidrológicos y modelos de error generalizados, para la evaluación de las incertidumbres predictiva y de los parámetros*. Universitat Politecnica de Valencia, Valencia. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/90652/Hern%c3%a1ndez%20-%20Inferencia%20Bayesiana%20conjunta%20de%20modelos%20hidrol%c3%b3gicos%20y%20modelos%20de%20error%20generalizado....pdf?sequence=1&isAllowed=y

IDEAM. (s. f.). *Modelación Hidrológica*. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2019). *Instructivo—Balance Hídrico y sus Aplicaciones*. Recuperado de http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/procedimientos%202008/2019/I40600-26-19V1%20Balance%20hidrico%20y%20sus%20aplicaciones.pdf

IMPLASER. (s. f.). SEÑALES DE ADVERTENCIA - AD09. Recuperado de: https://www.implaser.com/producto/ad09-a4/

Laboratorio Modelación Ambiental. (2019). *Laboratorio Modelación Ambiental*.

López, K. (2017). *Estudio Hidrológico para el Diseño de Obras de Protección contra Inundaciones del Río Chinautla, Aldea Santa Cruz, Chinautla, Guatemala*. Universidad

de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/94669633.pdf

Mena, D. (2009). *ANÁLISIS DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA ANDINA DEL RÍO TENO, USANDO EL MODELO WEAP*. UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago de Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103570/mena_d.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*.

Montero, J. C., & Jiménez, J. H. (2016). *Velocidad de infiltración del agua en el sub-suelo de las comunidades el rosario los Elenes y Yuigán Jesús del gran poder, pertenecientes a la parroquia el rosario del cantón guano, asociado a la granulometría y a la textura de sus componentes*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Ecuador. Recuperado de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3209

Morales, D. (2018). *Manual de procedimientos para el uso práctico del banco de aprendizaje de energía eólica en el laboratorio de servicios públicos sede el porvenir*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C. Recuperado de http://hdl.handle.net/11349/14058

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos* (6.ª ed.). México: PEARSON Educación. Recuperado de https://www.academia.edu/31396567/Mec%C3%A1nica_de_Fluidos_-_6ta_Edici%C3%B3n_-_Robert_L._Mott.pdf

Ordoñez, J. J. (2011). *Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf

Pérez, H. (2016). *Física 2* (3.ª ed.). México: Grupo Editorial Patria.

Pérez, M. A. (2018). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección* (3.ª ed.). Ediciones Paraninfo, S.A.

PROCESS CONTROL SUPPLY, C.A. (s. f.). *Presión*. Recuperado de https://processcontrol.com.ve/terminologia/

Salkind, Neil J. (1998). Métodos de investigación, México: Prentice-Hall

Sánchez, E. L., Córdova, M. A., Vega, J. G., Córdova, M. L., Ruíz, O. E., & Liger, T. de los Ángeles. (2018). Tasa de infiltración de agua en suelos agrícolas. *Ciencia Digital*, *2*(3), 662-671. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i3.183

Tapia, A. (2016). *Balance Hídrico Usando un Modelo Hidrológico distribuido en la Unidad Hdrográfica Río Pindo, Provincias de Loja y el Oro, Ecuador*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Perú. Recuperado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2821/P10-T375-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trapote, A., & Fernández, H. (2016). *Memoria del proyecto: Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible*. Recuperado de http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (s.f.). *GRUPO DE INVESTIGACIÓN PROGASP GAIA*. Recuperado de https://comunidad.udistrital.edu.co/progaspgaia/

Universidad Distrital Francisco José de Caldas (s.f.). Semillero DRM. Recuperado de: https://comunidad.udistrital.edu.co/progaspgaia/semillero-drm/

Vanegas, N., & López, Y. (2016). *Manual de protocolo del Equipo "RiverSurveyor de Sontek–M9" con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C. Recuperado de http://hdl.handle.net/11349/4861

ANEXOS

Anexo 1. Lista de chequeo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	**GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS** **LISTA DE CHEQUEO HYDROLOGY APPARATUS P6530**	Versión: 01 de 01 Fecha: Página: 1 de 3

Equipo a evaluar: Hydrology Apparatus P6530	**Docente encargado o auxiliar de laboratorio:**
Estudiantes:	**Códigos:**

Nº	COMPONENTES	CUMPLE			OBSERVACIONES
		SI	NO	No se requiere	
1. Subsistema de riego y agua subterránea					
1.1	Válvulas de control de flujo de boquillas abiertas				
1.2	Válvulas de bombas de agua subterránea del tanque de cabecera abiertas				
1.3	Verificar el ajuste de las boquillas y que todas correspondan al mismo tamaño				
1.4	Cortina cubriendo el tanque de arena y seca				
1.5	Medio permeable dentro del tanque arena				
1.6	Humedad del medio permeable verificada (higrometría)				
2. Subsistema de almacenamiento y drenaje					
2.1	Tanque de cabecera izquierdo con el deflector impermeable instalado				

2.1.1	Con placa para permitir un plano de inundación de 200 mm				
2.1.2	Con placa para hacer el deflector completamente impermeable				
2.2	Tanque de cabecera derecho cuente con el deflector impermeable instalado				
2.2.1	Con placa para permitir un plano de inundación de 200 mm				
2.2.2	Con placa para hacer el deflector completamente impermeable				
2.3	Tubos de desbordamiento ubicados a la altura que lo requiera el experimento				
2.4	Válvulas de control de pozo abiertas				
2.5	Altura del agua en el tanque de suministro de 45 cm de profundidad				
2.6	Parámetros de calidad del agua medidos, garantizando que ésta se encuentre en buenas condiciones para su uso				
2.7	Tubos de revestimiento de pozo en buen estado y correctamente instalados				
2.8	Válvula de descarga del tanque de suministro cerrada				
3. Sub sistema eléctrico					
3.1	Revise y asegúrese de que las bombas y la zona establecida para ubicar el equipo se encuentren secas				
3.2	Verifique que la toma de corriente esté seca y la conexión es segura y estable.				
3.3	Caja de control de bombas con ambos interruptores en posición de apagado				
3.4	Conexión monofásica con polo a tierra				
3.5	suministro eléctrico de 120v y 60hz				
4. Subsistema de medición					

4.1	Manometro de tanque de arena y vertederos purgados (sin burbujas ni arena)				
4.2	Puntos de toma de presión tanto de los manómetros longitudinales como laterales debidamente conectados al tanque de arena				
4.3	Puntos de toma de presión debidamente conectados a los vertederos				
4.4	Nivel freático en 0, l/h well y R/H well a nivel de base del tanque de arena				
4.5	Medidor de flujo de área variable ubicado en 0 L/min				
5. Estructura y soporte					
5.1	Soportes asegurados para que el equipo se mantenga de manera segura en su ubicación establecida				
5.2	Pendiente del tanque de arena a la altura establecida en el experimento				
5.3	Estabilidad del gato tipo tijera corroborada para que la pendiente del tanque se mantenga				
5.4	Placa de ensamblaje debidamente ajustada de manera perpendicular al tanque de arena				