



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LOS CAUDALES
SUBTERRÁNEOS DE LOS PREDIOS DEL “BLOQUE G”, DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera Civil

AUTORA: Jenifer Soledad Pilco Simbaña
TUTORA: Verónica Valeria Yépez Martínez

Quito Ecuador
2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Jenifer Soledad Pilco Simbaña con documento de identificación N° 1725540221;
manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de febrero del 2023

Atentamente,



Jenifer Soledad Pilco Simbaña

1725540221

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jenifer Soledad Pilco Simbaña con documento de identificación N° 1725540221, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Estudio del aprovechamiento de los Caudales subterráneos de los Predios del “Bloque G”, de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del 2023

Atentamente,



Jenifer Soledad Pilco Simbaña

1725540221

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Valeria Yépez Martínez con documento de identificación N° 1711285591, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LOS CAUDALES SUBTERRÁNEOS DE LOS PREDIOS DEL “BLOQUE G”, DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR, realizado por Jenifer Soledad Pilco Simbaña con documento de identificación N° 1725540221 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Verónica Valeria Yépez Martínez, MSc.

1711285591

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar mi carrera con éxito, por darme la salud y la fortaleza necesaria en los momentos cuando más lo necesite.

A mi madre que es mi apoyo incondicional a lo largo de mi vida, pues sin ella nada de esto se hubiera logrado, por brindarme su sustento tanto económico, como moral por sus consejos y oraciones a Dios. “Una madre que reza por sus hijos les asegura el camino al éxito” (Anónimo)

A mis hermanos por darme la fortaleza e inspiración, por creer en mí y tener en que voy a lograr todo aquello que me proponga.

A todas aquellas personas que me han apoyado y han hecho que mi paso por la universidad sea un éxito, aquellos que me abrieron las puertas y me compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por ser la promotora para cumplir mis sueños, gracias por confiar en mí y en mis capacidades, por acompañarme a lo largo de esta gran travesía, por anhelar siempre lo mejor para mi vida.

A la Ing. Verónica Yépez mi tutora de tesis quien con su paciencia me ha guiado y corregido en la realización de este proyecto, gracias a sus consejos y a sus enseñanzas a lo largo de la carrera y en la elaboración de esta tesis.

A todos y cada uno de los docentes que me han guiado en mi vida universitaria, y me han transmitido sus conocimientos y así poder lograr este objetivo.

A la Universidad Politécnica Salesiana que fue la sede donde adquirí todos mis conocimientos en lo largo de estos años.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros que me han acompañado a lo largo de mi carrera, ya que cada uno me dejó una enseñanza y me quedare con los mejores recuerdos de ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	18
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	18
1.1. Introducción.....	18
1.2. Antecedentes.....	19
1.3. Importancia y alcance.....	20
1.4. Delimitación	21
1.5. Justificación.....	21
1.6. Grupo Objetivo.....	22
1.7. Objetivos.....	23
1.7.1. Objetivo general	23
1.7.2. Objetivos específicos.....	23
1.8. Características climáticas.....	23
1.9. Evaluación del sistema hidráulico existente.....	24
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Ciclo Hidrológico	25
2.2. Agua subterránea	26
2.2.1. Zona no saturada.....	27
2.2.2. Sub zona de evapotranspiración	28
2.2.3. Zona intermedia.....	28
2.2.4. Caudal.....	28
2.2.4.1. Caudales subterráneos	28
2.2.5. Unidades hidrogeológicas	28
2.2.6. Clasificación de los acuíferos	29
2.2.6.1. Según las características litológicas	29
2.2.6.1.1. Acuíferos detríticos.....	29
2.2.6.1.2. Acuíferos fisurados o carbonatados.....	29
2.2.6.2. Según su estructura o presiones hidrostáticas.....	29
2.2.6.2.1. Acuíferos libres	29

2.2.6.2.2.	Acuíferos confinados	29
2.2.6.2.3.	Acuíferos semiconfinados	30
2.3.	Precipitación	30
2.4.	Escurrimiento subterráneo	31
2.5.	Evaporación	31
2.6.	Balance Hídrico	31
2.6.1.	Estudio de caudales	32
2.6.1.1.	Método de Aforo Volumétrico	32
2.7.	Diseño agronómico.....	32
2.7.1.	Relación suelo – agua.....	32
2.7.2.	Características físicas del suelo	33
2.7.2.1.	Textura.....	33
2.7.2.2.	Estructura.....	33
2.7.2.3.	Porosidad.	33
2.7.2.4.	Profundidad.	33
2.7.2.5.	Configuración del terreno o topografía.	34
2.7.2.6.	Estado de humedad del suelo.....	34
2.7.2.7.	Relación suelo – agua - clima.....	36
2.7.3.	Evapotranspiración (ET).....	37
2.7.3.1.	Factores que condicionan la evapotranspiración	37
2.7.3.2.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	38
2.7.3.3.	Evapotranspiración del cultivo determinado (ETc).....	39
2.7.3.4.	Métodos para determinar la evapotranspiración.....	40
2.7.4.	Programación de riego.....	40
2.7.5.	Precipitación efectiva (Pe).....	40
2.7.6.	Demanda de riego neta (Dn).....	41
2.7.6.1.	Demanda total (Dt).	41
2.7.7.	Eficiencia del sistema de riego (Er).....	42
2.7.7.1.	Eficiencia de conducción (Ec).....	42
2.7.7.2.	Eficiencia de distribución (Ed).....	42
2.7.7.3.	Eficiencia de aplicación (Ea).....	43
2.7.8.	Lámina de riego neto (Ln).....	44
2.7.9.	Lámina de riego bruta o total (Lt).	44

2.7.10.	Frecuencia de riego (Fr).	44
2.7.11.	Tiempo de riego (Tr).	45
2.8.	Sistemas de Bombeo.	45
2.8.1.	Tipos de bombas.	46
2.8.2.	Bombas de eje horizontal.	46
2.8.3.	Bombas de eje vertical.	46
2.9.	Sistema de Riego.	47
2.9.1.	Tipos de sistema de riego.	48
2.9.2.	Aspersión.	48
2.9.2.1.	Componentes del sistema de riego por aspersión.	48
2.9.3.	Tipos de aspersores.	49
2.9.4.	Aspersores en campos deportivos.	50
2.9.5.	Selección del aspersor.	50
2.9.5.1.	Cálculo de la velocidad de aplicación teórica.	51
2.9.5.2.	Disposición de los aspersores.	51
2.9.5.3.	Espaciamiento entre los aspersores.	52
2.9.5.4.	Intensidad pluviométrica de riego (Ip).	54
2.9.5.5.	Tiempo de riego por turno (Trt).	54
2.9.5.6.	Número de posiciones (N°pos).	54
2.9.5.7.	Área máxima por aspersor (Am).	55
2.9.5.8.	Número de aspersores por parcela (N° A/p).	55
2.10.	Instalaciones hidrosanitarias.	55
2.10.1.	Sistema con tanque hidroneumático.	56
2.10.2.	Elementos constitutivos de la red de distribución.	56
2.10.2.1.	Depósitos y Almacenamiento.	57
2.10.2.2.	Montantes, tubería ascendente o descendente.	57
2.10.2.3.	Ramales o derivaciones colectivas.	57
2.10.2.4.	Subramales o derivaciones particulares.	57
2.10.2.5.	Puntos de consumo.	58
2.10.2.6.	Muebles o aparatos sanitarios.	58
2.10.2.7.	Válvulas de cierre o control.	58
2.10.3.	Demanda de agua.	58
2.10.4.	Método de Hunter.	58

2.10.4.1.	Unidades de Consumo	59
2.10.5.	Caudal Máximo Probable:	61
2.10.5.1.	Coeficiente de simultaneidad según el número de salidas K1.....	62
2.10.6.	Pérdidas de carga	63
2.10.6.1.	Pérdidas por fricción a lo largo de las tuberías:.....	63
2.10.6.2.	Pérdidas en accesorios	64
2.10.7.	Velocidades	64
2.10.8.	Diámetro de las tuberías	65
2.10.9.	Presiones en el sistema	65
	CAPITULO III	66
	METODOLOGÍA.....	66
3.1.	Periodo de diseño	66
3.2.	Estudio de calidad del agua	66
3.3.	Estudio hidrosanitario.....	67
3.3.1.	Demanda de agua.....	67
3.3.2.	Aparatos a servir.....	68
3.3.3.	Unidades de Consumo	69
3.4.	Diseño Agronómico.....	73
3.4.1.	Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ET _o)	73
3.4.2.	Determinación de la precipitación efectiva	74
3.4.3.	Características del cultivo.....	75
3.4.3.1.	Coeficiente del cultivo.....	75
3.4.3.2.	Profundidad radicular:	76
3.4.3.3.	Factor de agotamiento del cultivo	76
3.4.3.4.	Factor de respuesta al rendimiento:.....	76
3.4.3.5.	Requerimiento hídrico	76
3.4.3.6.	Demanda bruta de riego.....	77
3.4.4.	Programación del riego.....	77
3.4.4.1.	Cálculo de las láminas de riego	77
3.4.4.2.	Lamina ajustada.....	78
3.4.4.2.1.	Frecuencia de riego.....	78
3.4.4.2.2.	Lámina total ajustada:.....	78
3.4.4.3.	Tiempo de riego por día.....	79

3.5.	Agua de riego a través de un sistema de presión por medio de aspersión	79
3.5.1.	Selección del aspersor	79
3.5.2.	Espaciamiento entre aspersores	80
3.5.3.	Intensidad pluviométrica de riego	81
3.5.4.	Número de aspersores.....	81
3.5.4.1.	Cálculo del tiempo de riego por turno	82
3.5.4.2.	Cálculo del número de posiciones	82
3.5.4.3.	Cálculo del área de riego posible.....	82
3.5.4.4.	Cálculo del número de posiciones	82
3.5.5.	Diseño Hidráulico del sistema de riego por aspersión	83
3.5.5.1.	Diámetro tentativo de la tubería	83
3.5.5.2.	Velocidad.....	83
3.5.5.3.	Pérdidas de carga en las laterales	83
3.5.5.4.	Pérdidas de carga para aspersores	84
3.6.	Estudio del sistema de bombeo	85
3.6.1.	Caudal total de la bomba	85
3.6.1.1.	Caudal de Riego	85
3.6.1.2.	Caudal del sistema hidrosanitario.....	86
3.6.1.3.	Presión de servicio total.....	86
3.6.1.4.	Dimensionamiento de la bomba	86
3.6.1.5.	Potencia absorbida por la bomba.....	87
3.6.1.6.	Potencia del motor	88
3.6.1.7.	Tipo de motor a utilizar:	88
3.7.	Alternativas de aprovechamiento de agua subterránea.....	88
3.7.1.	Dispositivos sanitarios del bloque G y cancha deportiva.....	89
3.7.1.1.	Balance hídrico	89
3.7.2.	Cancha deportiva	89
3.7.2.1.	Balance hídrico	89
3.8.	Presupuesto del sistema de aspersión	90
3.8.1.	Costos directos.....	91
3.8.2.	Costos indirectos.	91
3.8.3.	Análisis de Precios Unitarios.....	91

3.8.4. Volúmenes de obra.....	91
CAPITULO IV.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
4.1. Conclusiones.....	93
4.2. Recomendaciones	94
Bibliografía.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Porosidad del suelo en función de su tipo</i>	33
Tabla 2 <i>Profundidad de las raíces de algunos cultivos</i>	34
Tabla 3 <i>Valores de las propiedades físicas de los suelos según la textura</i>	35
Tabla 4 <i>Duración de las etapas del ciclo vegetativo de cultivos anuales</i>	39
Tabla 5 <i>Coefficiente de cultivo (Kc) de cultivos anuales</i>	39
Tabla 6 <i>Valores de eficiencia de aplicación de riego para diferentes métodos</i> . 43	
Tabla 7 <i>Separación entre aspersores en función del viento</i>	53
Tabla 8 <i>Espaciamiento máximo entre aspersores</i>	53
Tabla 9 <i>Espaciamiento máximo entre aspersores</i>	53
Tabla 10 <i>Unidades de consumo, método de Hunter</i>	60
Tabla 11 <i>Coefficientes de simultaneidad en función de las UC</i>	62
Tabla 12 <i>Presiones de trabajo para aparatos sanitarios</i>	65
Tabla 13 <i>Dotación sanitaria del Edificio del Bloque G</i>	68
Tabla 14 <i>Aparatos, suministro y consumo de aparatos a servir</i>	68
Tabla 15 <i>Cantidad total de baterías sanitarias a servir</i>	69
Tabla 16 <i>Coefficientes de Simultaneida</i>	69
Tabla 17 <i>Caudal en tubería en función de las unidades de consumo</i>	70
Tabla 18 <i>Requerimiento hídrico del cultivo</i>	76
Tabla 19 <i>Demanda Bruta de Riego</i>	77
Tabla 20 <i>Lamina neta de riego y lamina bruta de riego</i>	78
Tabla 21 <i>Tiempo de riego por día</i>	79
Tabla 22 <i>Espaciamiento máximo entre aspersores y laterales</i>	81

<i>Tabla 23 Espaciamiento máximo entre aspersores.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 24 Resumen de pérdidas.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 25 Balance hídrico</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 26 Balance hídrico cancha deportiva.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 27 Presupuesto Referencial del proyecto.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 28 Volúmenes de obra del proyecto.....</i>	<i>92</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Bloque G, de la UPS Campus Sur</i>	21
Figura 2 <i>Cuarto de máquinas secundario</i>	24
Figura 3 <i>Ciclo Hidrológico</i>	25
Figura 4 <i>Distribución vertical de las aguas en el subsuelo</i>	27
Figura 5 <i>Tipos de acuíferos</i>	30
Figura 6 <i>Evaporación y transpiración de las plantas</i>	36
Figura 7 <i>Bomba centrífuga multietapa</i>	466
Figura 8 <i>Bomba centrífuga de eje vertical</i>	47
Figura 9 <i>Clasificación de los tipos de aspersores</i>	49
Figura 10 <i>Aspersor Tipo Pop Up</i>	500
Figura 11 <i>Sistema indirecto con tanque hidroneumático</i>	56
Figura 12 <i>Diagrama de Hunter</i>	61
Figura 13 <i>Diagrama de Piper</i>	66
Figura 14 <i>Evapotranspiración Potencial</i>	752
Figura 15 <i>Evapotranspiración en función de la temperatura mínima y máxima</i>	80
Figura 16 <i>Precipitación Efectiva</i>	73

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana – sede Quito, el mismo que tuvo por objeto mejorar el sistema de aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo del sitio y proponer, una alternativa de aprovechamiento del caudal subterráneo mediante un sistema de riego que permita mantener el césped o pasto de la cancha deportiva. Los diseños se realizaron en dos etapas; en base a dos alternativas propuestas: la primera alternativa donde se analizó el caudal necesario para el sistema hidrosanitario en el bloque G junto al caudal necesario para riego de la cancha deportiva, y el segundo diseño únicamente contempla el sistema de riego para la cancha deportiva, obteniendo como mejor alternativa la segunda opción ya que cumple satisfactoriamente todos los parámetros necesarios, se plantea un diseño con distribución cuadrada de 13 aspersores, 4 principales y 9 emergentes, con un espaciamiento entre aspersores y laterales de 20m x 20m, los aspersores funcionaran en 2 secciones de riego con una duración de 1 hora por cada sección y una frecuencia de riego de 5 días. Los diseños de los sistemas presentados, se los realizó con la finalidad de garantizar en cada jornada deportiva la funcionalidad y confort del terreno de juego.

ABSTRACT

This study was carried out in the facilities of the Southern Campus of the Salesian Polytechnic University – Quito Headquarters. The aim of the study was to determine the meteorological and climatic characteristics of the site and to propose an alternative for exploiting the underground flow by means of an irrigation system that allows the maintenance of the turf or grass of the sports field. The designs were carried out in two stages; based on two proposed alternatives: a first where the flow required for the hydrosanitary system in Block G was analyzed along with the irrigation for the sports field, and second only with the irrigation system for the sports field, as a winning alternative, is proposed a design with a square distribution of 13 sprinklers, 4 main and 9 emergent, with a spacing between sprinklers and lateral of 20m x 20m, the sprinklers will operate in 2 irrigation sections with a duration of 1 hour for each section and a frequency of irrigation of 5 days. The designs of the presented systems, were realized with the purpose of guaranteeing in each sports day the functionality and comfort of the playing field.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

El presente estudio técnico tiene como finalidad realizar una optimización del aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo existente en el “Bloque G” de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, “en varios países europeos como son Dinamarca, Australia, Suiza entre otros el 80% del agua potable tienen origen subterráneo, esta se la extrae mediante bombeo para filtrarla y eliminar impurezas.” (CORDIS, 2013)

Para el 2050 se calcula que en torno a 4 000 millones de personas residirán en países con escasez de agua. Por esta razón existe una necesidad imperiosa de proponer técnicas innovadoras que permitan aprovechar hasta la última gota de los recursos disponibles. (CORDIS, 2013)

En otros países europeos se está optando por el concepto de “Smart cities” que se fundamenta “en el desarrollo económico sostenible, la gestión de los recursos naturales a través de una buena acción participativa, el compromiso entre la administración pública y los ciudadanos y el compromiso con su entorno.” (Pérez, 2015), esto quiere decir que se intenta que las ciudades se conviertan en ciudades inteligentes con la ayuda de la tecnología. En algunos lugares se realiza la “sustitución del agua potable por agua regenerada, o en general agua no de boca, para los servicios públicos y privados de riego, baldeo, limpieza de redes de alcantarillado y otros.” (Ona, 2017).

“Ecuador posee una de las mayores ofertas hídricas del continente” (Camacho Jaime, 2020), por lo cual se debería aprovechar el recurso hídrico existente de manera superficial como subterránea.

El edificio objeto de análisis se encuentra construido sobre un acuífero subterráneo, con la ayuda de un sistema de bombeo se extrae el agua subterránea y se realiza su respectiva descarga hacia el sistema de alcantarillado.

El sistema de alcantarillado que existe en es un tipo sistema de alcantarillado combinado, “los sistemas combinados son tipos de sistemas de alcantarillado donde las aguas pluviales y las aguas residuales se conducen a través del mismo conjunto de tuberías hacia la instalación de tratamiento de aguas residuales” (Environmentgo, 2020)

En este proyecto se realizará el estudio de las aguas subterráneas bombeadas, la capacidad del sistema de bombeo, los caudales y capacidad de los colectores y proponer el aprovechamiento del recurso hídrico presente para el riego de la cancha secundaria y las jardineras de la Universidad Politécnica Salesiana para que así esta agua subterránea tenga un uso adecuado.

1.2. Antecedentes

El presente estudio técnico tiene como finalidad realizar el aprovechamiento adecuado de los caudales subterráneos de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur se encuentra ubicada en la ciudad de Quito en la Administración zonal Quitumbe, entre las avenidas Rumichaca Ñan y Morán Valverde.

Actualmente el agua subterránea es extraída por medio de un sistema de bombeo, la cual pasa a ser almacenada en cisternas y estas cisternas cada cierto tiempo con la ayuda de las bombas realizan su descarga el cual va hacia el alcantarillado de red pública.

Por lo tanto, se puede deducir que existe una falta de aprovechamiento del agua subterránea la misma que es apta para distintos usos como son agua de riego, agua para baterías sanitarias, entre otros.

Se llevará a cabo distintos procesos y alternativas para obtener la opción más eficiente y viable dependiendo las necesidades y cumplimientos de caudales, se realizará una primera propuesta en el cual incluirá el uso del caudal subterráneo en la parte hidrosanitaria y riego de la cancha y una segunda propuesta en el cual el caudal solo se utilizará para el riego de la cancha.

El presente estudio se realizará con el apoyo de la tecnología y los distintos programas informáticos que nos ofrecen como son el paquete computacional de office (Word, Excel, PowerPoint, Project) y los softwares AutoCAD 2021 English, Cropwart.

1.3. Importancia y alcance

La importancia del estudio radica en que el agua subterránea constituye un recurso hídrico muy importante el cual brinda oportunidades de desarrollo y ayuda a mejorar en un porcentaje la economía debido al ahorro que se producirá por el aprovechamiento del caudal subterráneo.

Aunque el agua subterránea es un recurso hídrico de gran importancia, su uso debe realizarse de forma mesurada y sabiendo las condiciones esenciales de aprovechamiento como por ejemplo los tipos de aprovechamiento que se le puede dar al agua subterránea y sus índices de recarga y descarga.

El riego adecuado a una cancha de uso múltiple es necesario debido a que esto ayudará a que el césped (kikuyo) tenga una vitalidad y crecimiento adecuado, por lo tanto, se observará estéticamente mejor.

El edificio de estudio es utilizado como aulas para estudiantes universitarios, además de servir su subsuelo como oficinas de docentes, alrededor de un 60% de la población universitaria hacen uso de la cancha secundaria de la Universidad Politécnica Salesiana la cual en épocas de verano se puede apreciar inconvenientes estéticos

1.4. Delimitación

“El bloque G” se encuentra ubicado en la parte baja de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, como se muestra en la Figura 1, con una construcción aproximada de 2409.75 m², El Bloque G se encuentra ubicado en PF92+652, Av. y Av. Rumichaca Ñan, Av. Moran Valverde, Quito 170146.

Longitud: -0.281780718938774, -78.54960757116464

Latitud: 0°16'55.0"S 78°32'58.7"W

En la figura 1 se puede apreciar el edificio a estudiar y de la misma manera la cancha a la cual se propone el sistema de riego.

Figura 1

Bloque G, de la UPS Campus Sur.



Nota. El recuadro rojo representa El “Bloque G” de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur. Elaborado por: La autora, a través de Google Earth Pro (2021)

1.5. Justificación

La importancia del proyecto radica ya que al ser aprovechados los recursos hídricos subterráneos se podrá dejar de utilizar el agua potable que es utilizada para regar las jardineras o para las baterías sanitarias por lo tanto representaría un ahorro económico

para la Universidad Politécnica Salesiana ya que se aprovecharía de una manera efectiva el agua subterránea disponible en el “Bloque G”.

Un estudio de las aguas subterráneas nos ayudará a encontrar un aprovechamiento adecuado y efectivo, para lograr como resultado tener un sistema de aprovechamiento eco-amigable, con este precedente ha surgido la necesidad del análisis y aprovechamiento de las aguas subterráneas.

Con el presente proyecto se propone, el estudio de los recursos hídricos subterráneos para el riego en la cancha de fútbol aledaña al edificio y uso en la parte de recarga y descarga sanitaria (inodoros mujeres, inodoros hombres y urinarios) existentes en el edificio; cuyo objetivo es darles un aprovechamiento adecuado a los caudales subterráneos producidos por los acuíferos existentes.

Se coordinará y se contará con el apoyo de la Universidad Politécnica Salesiana para la obtención de los estudios topográficos, estudios hidrológicos y estudios necesarios para el diseño final del aprovechamiento de los caudales subterráneos proponiendo un sistema de drenaje adecuado y óptimo.

Este proyecto será muy significativo para la UPS, ya que con su funcionamiento a futuro podrá abastecer de agua, tanto para riego como para baterías sanitarias que serán utilizadas por estudiantes, personal docente y administrativo de la UPS.

El diseño del proyecto al ser ejecutado podría llegar a tener una funcionalidad con una eficiencia del (85 al 100) %, realizando mantenimientos adecuados y en los tiempos respectivos.

1.6. Grupo Objetivo

El proyecto se encuentra dirigido a estudiantes, docentes y personal administrativo de la Universidad Politécnica Salesiana entre otras personas externas a la Universidad,

porque el beneficio será para todos, debido a que se tendrá una reducción en el costo de agua potable; el proyecto busca dar un buen uso de las aguas subterráneas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Realizar el estudio de aprovechamiento de los caudales subterráneos, por medio de cálculos y cualificaciones del agua subterránea ubicada en el Bloque G, como propuesta para mejorar el sistema de aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo.

1.7.2. Objetivos específicos

Recopilar la información necesaria, a través de los diferentes estudios hidrológicos para establecer la situación hidrometeorológica del predio de estudio.

Evaluar y valorar los caudales de agua subterránea bombeada en el “bloque G” de la UPS a través de balances hídricos para conocer la magnitud de los caudales subterráneos

Analizar la calidad de agua de los caudales subterráneos existentes en la zona de estudio con la ayuda de estudios realizados anteriormente.

Determinar las alternativas más viables, con la ayuda de un estudio hidrosanitario y de riego adecuado para así lograr de mejor manera el aprovechamiento del agua subterránea presente en la zona de estudio.

1.8. Características climáticas

En Quito se puede apreciar dos estaciones de tiempo distintivas las cuales son verano e invierno, el verano o estación seca se presenta aproximadamente 4 meses al año que va desde junio a septiembre donde las temperaturas pueden llegar a alcanzar los 30°C, y el invierno o estación húmeda con lluvias prolongadas que va desde los meses de octubre a mayo llegando a alcanzar temperaturas de 6°C. Existe presencia

de llovizna y neblina el cual en épocas de estación húmeda es muy común.
(Calendarr, 2021)

1.9. Evaluacion del sistema hidráulico existente

El sistema de bombeo existente en el “Bloque G” de la Universidad Politécnica Salesiana consta de dos cuartos de máquinas, en el cual en el cuarto principal se encuentra la bomba 1 y 2 con una cisterna de aproximadamente 100m³ y un tablero de control de las bombas, en el cuarto secundario se encuentra bomba 3 y 4 con una cisterna de aproximadamente 100m³, el agua es extraída y con la ayuda de las bombas es transportada hacia la caja de revisión misma que se encuentra conectada con la red pública de alcantarillado, por lo tanto el caudal de los acuíferos subterráneos terminan desembocando en el alcantarillado. En la figura 2 se puede apreciar el sistema hidráulico existente.

Figura 2

Cuarto de máquinas secundario



Nota. Cisterna del cuarto de máquinas secundario y bombas 3 y 4. Elaborado por: La autora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. *Ciclo Hidrológico*

El ciclo hidrológico o también llamado ciclo del agua es un proceso en el que el agua sufre transformaciones físicas (por el frío o el calor) y el agua presenta desplazamientos; cuando se produce un cambio del estado del agua, nos referimos a que pueda pasar de estado sólido a líquido y gaseoso; en la figura 3 se puede observar cómo se produce el ciclo hidrológico. (Ulla, 2022)

Gran parte del agua subterránea existente, tiene su origen gracias al ciclo del agua ya que el agua superficial es evaporada por el sol, y es elevada a la atmósfera por las corrientes de aire, junto con el agua producto de la evapotranspiración. El vapor se eleva hasta donde las temperaturas más frías hacen que se condense en forma de nubes. Las partículas de las nubes chocan y caen del cielo como precipitación, las mismas que llegan a la superficie del suelo, una parte regresa a la atmósfera como evapotranspiración o evaporización, otra parte se escurre por la superficie formando los drenajes y otra se infiltra formando los acuíferos. (Moreno & Juan, 2015)

Figura 3

Ciclo Hidrológico



Nota: Muestra esquemáticamente como se produce el ciclo del agua. Tomada de (Equipo Editorial, Etecé, 2022)

2.2. Agua subterránea

Las aguas subterráneas se producen cuando el agua superficial se infiltra por los poros y las grietas del suelo debido a la gravedad hasta llegar a la zona denominada zona de saturación, el volumen del agua subterránea es mayor que el volumen del agua superficial en un momento dado, se ubican entre los poros y grietas existentes en las partículas del suelo, los cuales se van acumulando en capas de tierra, arena y roca los cuales van formando los denominados acuíferos; en la figura 4 se indica la distribución en el suelo del agua subterránea.

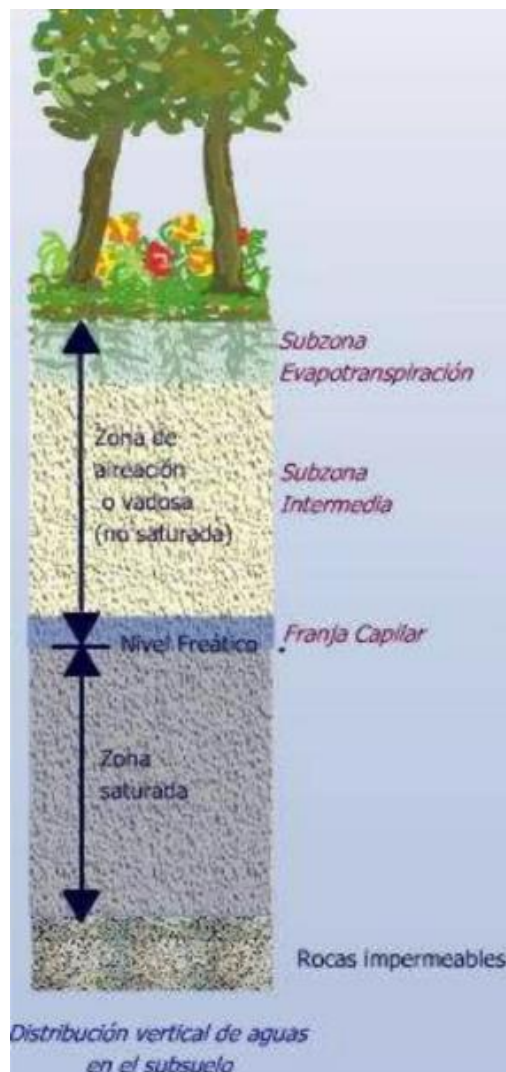
El agua subterránea representa aproximadamente el 96% del agua dulce en estado líquido existente en el planeta tierra, de igual manera el agua subterránea representa alrededor del 25% al 40% del agua potable en todo el mundo, debido a estos datos es que radica la importancia el aprovechamiento del agua subterránea y darle multiusos a la misma ya que es un gran recurso hídrico para una gran cantidad de personas. (Recursos Hídricos, 2022)

El agua subterránea se puede clasificar en dos tipos los cuales son las renovables y las no renovables, conociendo que el agua subterránea renovable es aquellas que poseen una fuente de recarga, que por lo general se encuentra enlazada a una estructura superficial o por la filtración de las lluvias, y las no renovables que son también denominadas aguas fósiles que son aquellas que han permanecido en un mismo lugar o acuífero.

En la ciudad de Quito existen varios acuíferos por lo tanto se posee varias fuentes de agua subterránea la cual en varios casos es aprovechada y usada para el riego de jardines, riego de lugares recreativos de la ciudad entre otros; se sabe también que el 7% de agua potable es obtenida a través de agua subterránea. (Moreno & Juan, 2015)

Figura 4

Distribución vertical de las aguas en el subsuelo



Nota: Distribución de agua en el subsuelo tomada de (Sachez, 2017)

2.2.1. Zona no saturada

La zona saturada es aquella que se encuentra en el nivel de la superficie terrestre y el límite del agua saturada, ósea hasta el nivel freático. En esta zona los poros y grietas están llenos tanto de aire como de agua, la conductividad hidráulica no saturada reduce velozmente del contenido volumétrico del agua. La zona no saturada presenta otras subzonas:

2.2.2. Sub zona de evapotranspiración

La zona de evapotranspiración es aquella hasta donde llegan las raíces de las plantas, esto quiere decir que es un estrato de espesor variable que puede ser de varios centímetros e incluso metros ya que dependerá de la cantidad de la vegetación, en esta zona el agua tiene la posibilidad de volverse a evaporar y subir nuevamente a la atmósfera, o caso contrario puede ser absorbida por las plantas y producir transpiración. (Equipo Editorial, Etecé, 2022)

2.2.3. Zona intermedia

La zona intermedia es en la cual el agua se desplaza con ayuda de la gravedad a zonas inferiores, de igual manera tiene un espesor de estrato variable en zonas desérticas llega a tener algunos cientos de metros. (Moreno & Juan, 2015)

2.2.4. Caudal

El caudal es el volumen de un fluido que pasa por una determinada superficie en un tiempo establecido.

2.2.4.1. Caudales subterráneos

Los caudales subterráneos son definidos como el volumen de un fluido que pasa por una determinada superficie en un lapso de tiempo, los cuales son alimentados por las infiltraciones, se ubican bajo la superficie terrestre y se encuentran en la zona de saturación del suelo. (Moreno & Juan, 2015)

2.2.5. Unidades hidrogeológicas

Una unidad hidrogeológica es la unión de uno o varios acuíferos para poder administrar mejor el agua subterránea.

2.2.6. Clasificación de los acuíferos

2.2.6.1. Según las características litológicas

Las características litológicas se refieren al tipo de huecos o poros que presenta el acuífero.

2.2.6.1.1. Acuíferos detríticos

Son aquellos en los que el agua fluye a través de sus huecos o poros se encuentran conformados por materiales granulares como son la arena y grava, es decir, tienen una porosidad intergranular. Este tipo de acuífero se puede encontrar en zonas cercanas a las montañas. (Andrea, 2020)

2.2.6.1.2. Acuíferos fisurados o carbonatados

Estos acuíferos son aquellos que se presentan en rocas carbonatadas o aquellas que presentan fracturación esto quiero decir que se encuentran formados de materiales calizos, en estos acuíferos se puede apreciar que se permite la acumulación de escorrentías y aguas lluvias ya que poseen alta permeabilidad. (Márquez, 2020)

2.2.6.2. Según su estructura o presiones hidrostáticas

2.2.6.2.1. Acuíferos libres

Estos acuíferos también son conocidos como acuíferos no confinados o freáticos, son permeables y porosos, su nivel de agua coincide con el nivel freático por lo tanto su presión coincide con la presión atmosférica, se puede recargar de todas las formas.

2.2.6.2.2. Acuíferos confinados

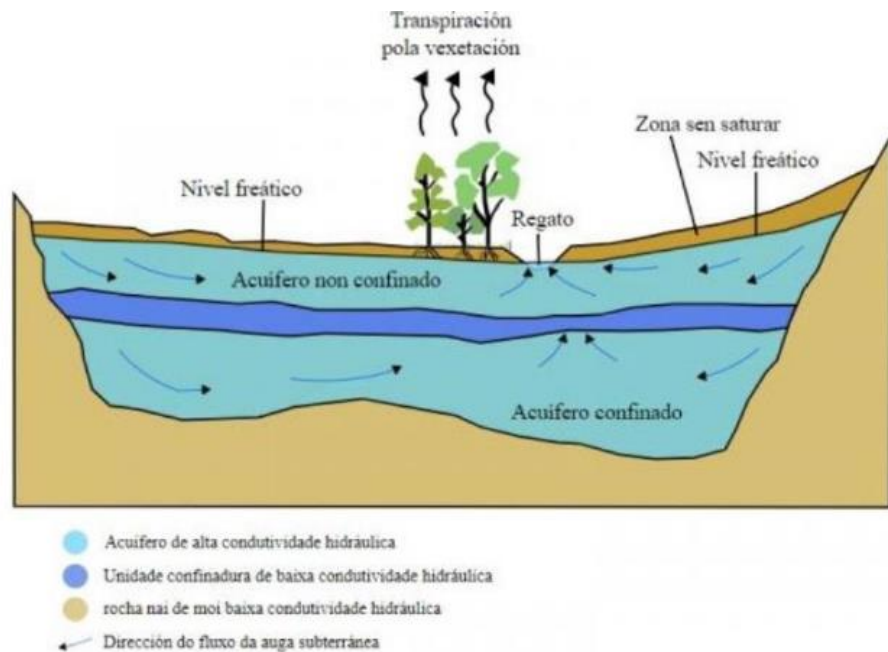
Se los conoce también como acuíferos cautivos los cuales son formaciones permeables, y se encuentran completamente saturadas, es decir el agua satura completamente los poros, se localizan confinadas entre dos estratos impermeables. En estos acuíferos, el agua está sometida a una presión mayor que la atmosférica por lo tanto se dice que no existe nivel freático, su recarga es de manera lateral. (Márquez, 2020)

2.2.6.2.3. *Acuíferos semiconfinados*

Acuíferos semiconfinados ver figura 5 o también llamados semicaútivos son similares a los acuíferos confinados, pero tienen una mayor permeabilidad, son los acuíferos más presentes en la naturaleza, poseen algunas capas confinantes que son semipermeables.

Figura 5

Tipos de acuíferos



Nota: clasificación de los acuíferos según su estructura Tomada de (Márquez, 2020)

Por lo tanto, se puede deducir que los acuíferos pueden ser libres, confinados y semiconfinados, dependiendo el sector y área de estudio.

2.3. *Precipitación*

La precipitación es una fase del ciclo hidrológico y se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire; la cual cae a la superficie terrestre debido a la acumulación excesiva de vapor de agua la misma que caerá en forma de nieve, agua lluvia, granizo, etc. La precipitación es la principal causa por la cual se forma el agua en la tierra ya sea superficial o subterránea. (Zita, 2022)

2.4. Esgurrimiento subterráneo

Es aquel que se genera como producto de las aguas lluvias que debido a la gravedad lograron infiltrarse hasta llegar alcanzar los niveles freáticos desliziándose muy lentamente, logrando llegar a la zona saturada y acumular el agua en los acuíferos. (Zita, 2022)

2.5. Evaporación

La evaporación es un proceso físico que forma parte del ciclo hidrológico, que consiste en el paso lento y gradual del agua en estado líquido a estado gaseoso esto se da con la ayuda del Sol, para posteriormente por medio de procesos físicos pasa a condensarse en forma de nubes; este proceso físico puede suceder a cualquier temperatura, pero mientras más alta la temperatura más rápido es el proceso de evaporización. (Zita, 2022)

2.6. Balance Hídrico

El balance hídrico es un mecanismo que nos permitirá saber las características de una cuenca hidrológica por medio del empleo del principio de conservación de la masa o de la ecuación de la continuidad.

Un balance hídrico es la igualdad de todos los recursos hídricos de un determinado sistema, con el utilizando el criterio de balance de materia; esto quiere decir que la materia que ingresa y sale de un mismo sistema en un determinado tiempo; puede ser expresado por la siguiente ecuación:

$$Estado_{t+1} = Estado_t + \sum_{i=1}^n Entradas_i - \sum_{j=1}^n Salidas_j$$

En términos generales en cualquier sistema hidrológico se tendrán como entradas a las precipitaciones (lluvias), la contribución de las aguas subterráneas, agua de riego, descargas de centrales hidroeléctricas que se encuentren cerca, etc. Y tendríamos como salida las evapotranspiraciones, las evaporaciones, las ebulliciones, las infiltraciones que suministren a los acuíferos, entre otros. (Moreno & Juan, 2015)

2.6.1. Estudio de caudales

2.6.1.1. Método de Aforo Volumétrico

Este tipo de aforo representa la forma más sencilla para realizar el cálculo de caudales pequeños, consiste en realizar la descarga del recurso en un recipiente y medir el tiempo que demora su llenado mediante un cronómetro.

La ecuación que se utiliza para determinar el valor del caudal es:

$$Q = V/t$$

Donde

V: volumen del recipiente y

t: tiempo de llenado de este,

Q: caudal

Es conveniente realizar varias mediciones del tiempo de llenado y descargar, promediar dichos tiempos para posteriormente aplicar la ecuación de determinación del caudal.

2.7. Diseño agronómico

El diseño agronómico tiene como fin garantizar que la técnica de riego implementada para que tenga la capacidad de abastecer la cantidad de agua que necesitan las áreas verdes o cultivos para su desarrollo (Guayasamín & Riofrío, 2020)

2.7.1. Relación suelo – agua

El agua y el suelo interactúan para nutrir el pasto, siendo el suelo, la base sobre el que crece el mismo pasto, en el suelo es donde debe edificarse cualquier sistema de riego. “El suelo es un sistema complejo compuesto por minerales y material orgánico, agua con sustancias en disolución y aire que ocupan los espacios o poros comprendidos en la matriz sólida. (Criollo, 2021)

2.7.2. Características físicas del suelo

2.7.2.1. Textura

La textura del suelo es la proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene el mismo, los suelos se pueden clasificar en arenosos, limosos y arcillosos, según prevalezca cada uno de los distintos componentes. Igualmente, se puede considerar un suelo franco cuando domina una mezcla de arena limo y arcilla en proporciones equitativas. (Criollo, 2021)

2.7.2.2. Estructura.

Se entiende como la capacidad que poseen las partículas del suelo para formar elementos de mayor tamaño e interviene directamente en el crecimiento del pasto.

2.7.2.3. Porosidad.

Es la porción de volumen del suelo que está ocupado por los poros es decir el espacio de aire que puede ser llenado con agua, es directamente proporcional al tamaño de las partículas también representa volumen máximo de agua que un suelo puede contener. (Guayasamín & Riofrío, 2020) en la tabla 1 se muestra el porcentaje de porosidad que tienen los diferentes tipos de suelos.

Tabla 1

Porosidad del suelo en función de su tipo

	Tipo de suelo		
	Arcilloso	Franco	Arenoso
%	65	50	30

Nota: porosidad del tipo de suelo. Elaborado por la autora con información tomada de (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.7.2.4. Profundidad.

Mientras más espesa sea la capa de suelo, las raíces podrán extenderse a mayor profundidad y lograrán almacenar más agua, de esta forma se podrá implementar

cualquier método de riego. La profundidad de las raíces depende de la especie cultivada. En la tabla 2 se muestra la profundidad de las raíces de cultivos más comunes, en función del tipo de suelo en los que se encuentren.

Tabla 2:

Profundidad de las raíces de algunos cultivos.

Cultivo	Profundidad de las raíces (mm)		
	Tipo de suelo		
	Arcilloso	Franco	Arenoso
Cebada	600	800	1000
Cebolla	200	250	300
Papa	400	500	600
Maíz	600	800	1000
Trigo	600	850	1000
Pastos	600	800	1000

Nota: Profundidad que alcanzan las raíces de algunos cultivos según el tipo de suelo en el que se encuentren. Elaborado por la autora con información tomada de (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.7.2.5. Configuración del terreno o topografía.

Es preciso conocer la configuración del terreno como los desniveles y la ubicación de todos los detalles naturales y artificiales que estén sobre él para poder determinar el método de riego más adecuado. (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.7.2.6. Estado de humedad del suelo.

Es la capacidad que tiene el suelo para acumular agua, en donde se dan principalmente de tres casos:

- Saturación: se da en el momento en que los poros del suelo son llenados por el agua, esto se presenta seguido de una lluvia o de abundante riego.
- Capacidad de campo (Cc): es la cantidad de agua que retiene el suelo en contra de la gravedad, luego de haber estado en saturación. Se calcula mediante la siguiente ecuación o se puede adoptar el valor mostrado en la tabla 3

$$Cc = 0,48 Ac + 0,162 L + 0,023 Ar + 2,62$$

Donde:

Cc: capacidad de campo en %.

Ac: contenido de arcilla en %.

L: contenido de limo en %.

Ar: contenido de arena en %.

Tabla 3

Valores de las propiedades físicas de los suelos según la textura

Textura	Velocidad de infiltración	Espacio poroso	Densidad aparente	Capacidad de campo	Punto de marchitez	Humedad peso seco	Volumen disponible	Capacidad de retención
	Mm/h	%	1	2 - %	3 - %	% 4= 2-3	% 4= 2-3	Mm/m
Arenoso	50 (25 o más)	38 (32 - 42)	1.65 (1.55 - 1.80)	9 (6 - 14)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	80 (62 - 108)
Franco arenoso	25 (13 - 40)	43 (40 - 47)	1.50 (1.40 - 1.60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	120 (84 - 160)
Franco	13 (7 - 20)	47 (43 - 49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	170 (135 - 210)
Franco arcilloso	8 (2 - 15)	49 (47 - 51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	190 (156 - 224)
Arcilloso limoso	2.5 (2 - 15)	51 (49 - 53)	1.30 (1.26 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	210 (175 - 243)
Arcilloso	0.5 (0.1 - 1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	230 (192 - 260)

Nota: propiedades físicas de los suelos en correspondencia con la capacidad de almacenar agua y su textura. Elaborado por La autora con información tomada de (Guayasamín & Riofrío, 2020)

- Punto de marchitez (Pm): es el punto en que la máxima capacidad de succión de la planta es igual a la tensión con que el agua es retenida por el suelo, el suelo todavía tiene algo de agua, pero las raíces son incapaces de captarla. Se la calcula en función de la capacidad de campo (Cc), con la ecuación siguiente ecuación:

$$Pm = \frac{Cc}{1,84}$$

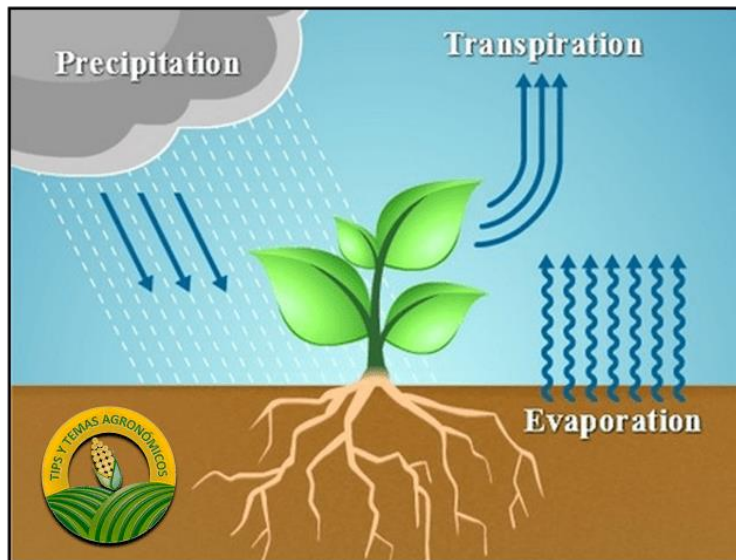
2.7.2.7. *Relación suelo – agua - clima*

Es preciso conocer las necesidades hídricas y el momento exacto en que la planta debe recibir el riego. Para ello, es necesario identificar los procesos de evaporación y transpiración

- Evaporación: es la pérdida de agua desde el suelo o desde las hojas de una planta mojada que, al ser calentados por el sol, hace que el agua se vaya hacia el aire en forma de vapor.
- Transpiración: Es el proceso de pérdida de agua en forma gaseosa que se da a través de las estomas, ocurre en toda la planta y es parte de los procesos biológicos que ocurren en las plantas; en la figura 6 se puede observar el proceso de evaporación y transpiración de una planta.

Figura 6

Evaporación y transpiración de las plantas.



Nota: evapotranspiración de las plantas. Fuente: (Tips y temas agronómicos,

2016)

2.7.3. Evapotranspiración (ET).

La evapotranspiración (ET), es la combinación de evaporación desde el suelo y por otra parte mediante la transpiración del cultivo. La evapotranspiración o “uso consuntivo del agua”, se la puede definir además como la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo donde se asienta el cultivo, se expresa en unidades de lámina por unidad de tiempo (mm/día, mm/mes).

- Evapotranspiración potencial (ETP): es el total de agua consumida, durante un período de tiempo determinado, en un suelo cubierto de una vegetación densa, homogénea, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.
- Evapotranspiración real (ETR): es la cantidad de agua real consumida cuando se encuentra en condiciones normales, dependiendo del tiempo.

$$ETR \leq ETP$$

2.7.3.1. Factores que condicionan la evapotranspiración

- Factores concurrentes en el suelo: pueden ser la capacidad de retención del agua, capacidad de calentamiento, exposición a los rayos solares, etc.
- Naturaleza de la vegetación: se refiere a los elementos de la planta encargados de la absorción y la transpiración del agua.
- Fase vegetativa en que se encuentra el cultivo: con la planta recién nacida la mayor parte del agua consumida tiene lugar por evaporación en el suelo, pero conforme el cultivo se desarrolla aumenta la transpiración, que se hace máxima al alcanzar la planta el máximo desarrollo foliar.
- Condiciones meteorológicas: mismas que favorecen o atenúan la evaporación, tales como la intensidad de la radiación solar, vientos, humedad atmosférica, etc.

2.7.3.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o).

“Se define como la tasa de evapotranspiración de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente el suelo y no está corto de agua (Guayasamín & Riofrío, 2020)

2.2.2.3. Coeficiente de cultivo (K_c).

El coeficiente de cultivo hace referencia a la variación de la capacidad para extraer agua del suelo durante el periodo vegetativo. Este coeficiente es calculado mensualmente, tomando en cuenta cuatro etapas:

- Etapa 1: desde la siembra de la semilla hasta el crecimiento inicial de la planta en la cual aparecen las primeras hojas y cubre un 10% de la superficie del suelo. (Kilimo, 2022)
- Etapa dos: etapa de desarrollo, se presenta desde el final de la fase inicial hasta que la planta cubre el 80% de la superficie del suelo. (Kilimo, 2022)
- Etapa tres: fase de maduración que comprende desde el 80% de cobertura de la superficie del suelo hasta el inicio de la maduración. (Kilimo, 2022)
- Etapa cuatro: se considera desde el inicio de la maduración hasta la cosecha del cultivo. (Kilimo, 2022)

En la tabla 4 se indica la duración promedio de las etapas del ciclo vegetativo de algunos cultivos anuales, asimismo en la tabla 5 se muestra los coeficientes de cultivo (K_c) de algunos cultivos anuales.

Tabla 4*Duración de las etapas del ciclo vegetativo de cultivos anuales*

Cultivo	Fases(días)				Total
	1°	2°	3°	4°	
Cebada	15	30	65	40	150
Cebolla	15	30	55	20	120
Papa	30	50	65	35	180
Trigo	15	30	65	40	150
Pastos	25	25	15	10	75

Nota: Elaborado por la autora con información tomada de (Guayasamín & Riofrío, 2020)

Tabla 5

Coeficiente de cultivo (Kc) de cultivos anuales.

Cultivo	Fases(días)			
	1°	2°	3°	4°
Cebada	0,35	0,75	1,15	0,45
Cebolla	0,50	0,70	1,00	1,00
Papa	0,45	0,75	1,15	0,85
Trigo	0,35	0,75	1,15	0,45
Pastos	1,00	1,00	1,00	1,00

Nota: El coeficiente de cultivo (Kc) es único para cada tipo de planta y para cada ciclo de desarrollo de esta. Elaborado por: La autora con información tomada de (Guayasamín & Riofrío, 2020)

2.7.3.3. *Evapotranspiración del cultivo determinado (ETc).*

“Es estudiado en un suelo fértil sin enfermedades y con una cantidad de agua suficiente para dar una plena producción” (Guayasamín & Riofrío, 2020)

La evapotranspiración de un cultivo se la puede determinar mediante la ecuación siguiente:

$$ETc = ETo * Kc$$

Donde:

ETc: evapotranspiración de un cultivo determinado en mm/día.

ETo: evapotranspiración de un cultivo de referencia en mm/día.

Kc: coeficiente de cultivo, variable con el cultivo y su periodo vegetativo.

2.7.3.4. Métodos para determinar la evapotranspiración.

Los métodos para saber el requerimiento de agua de los cultivos son muchos y variados; existen dos tipos de métodos de cálculo, los directos y empíricos

Métodos directos

- Lisimétrico.
- Evaporímetro de Piché.
- Tanque clase A.

Métodos empíricos

- Penman – Monteith.
- Blanney – Cryddle.
- Christiansen – Yépez.

2.7.4. Programación de riego

La programación del riego tiene por finalidad el ahorro de agua sin reducir la producción agrícola, es decir se refiere a cuanto, cuando y como regar los cultivos para obtener máxima eficiencia y productividad del agua. (Intagri, 2021)

2.7.5. Precipitación efectiva (Pe).

Existen varias fórmulas para estimar el valor de la precipitación efectiva (Pe), se empleará la ecuación propuesta por la FAO (Food and Agriculture Organization); la cual dice que el valor de la precipitación efectiva es igual al 70% de la precipitación media (Pr) (Guayasamín & Riofrío, 2020)

$$Pe = 0,7 * Pr$$

Donde:

Pe: precipitación efectiva en mm/día.

Pr: precipitación media en mm/día.

2.7.6. Demanda de riego neta (Dn).

Es la cantidad de agua que necesita cada planta y se calcula con la ayuda de la ecuación siguiente:

$$Dn = ETc - Pe$$

Donde:

Dn: demanda de riego neta en mm/día.

ETc: evapotranspiración en mm/día.

Pe: precipitación efectiva en mm/día.

2.7.6.1. Demanda total (Dt).

Es la cantidad de agua que se necesita aplicar en el cultivo, debido a que en todos los métodos de riego se presentan pérdidas, es necesario compensar dichas pérdidas mediante un volumen extra de agua, cuyo valor se calcula con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$Dt = \frac{Dn}{Er}$$

Donde:

Dt: demanda total de riego en mm/día.

Dn: demanda neta de riego en mm/día.

Er: eficiencia del método de riego en %.

2.7.7. Eficiencia del sistema de riego (E_r).

Es la relación entre el volumen de agua disponible para de los cultivos en sus raíces y el volumen total suministrado a la zona de riego. Se lo determina mediante la ecuación a continuación:

$$E_r = E_c * E_d * E_a$$

Donde:

E_r : eficiencia del sistema de riego en %.

E_c : eficiencia de conducción en %.

E_d : eficiencia de distribución en %.

E_a : eficiencia de aplicación en %.

2.7.7.1. Eficiencia de conducción (E_c).

Representa las pérdidas de caudal que se producen en la conducción del agua, se la puede calcular con la siguiente ecuación

$$E_c = \frac{Q_d}{Q_f} * 100$$

Donde:

E_c : eficiencia de conducción en %.

Q_d : caudal entregado a las vías de distribución en l/s.

Q_f : caudal derivado de la fuente en l/s.

2.7.7.2. Eficiencia de distribución (E_d).

Representan las pérdidas de caudal que se dan por distribución del agua, específicamente, entre las conexiones de red principal a la red secundaria y conexión a al usuario y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Ed = \frac{Qp}{Qd} * 100$$

Donde:

Ed: eficiencia de distribución en %.

Qp: volumen del agua entregada en la cabecera de la propiedad en l/s.

Qd: volumen del agua derivado de los canales secundarios en l/s.

2.7.7.3. Eficiencia de aplicación (Ea).

Es la relación entre el agua que queda acumulada en la zona de las raíces para ser aprovechada por el pasto y el agua total aplicada con el riego.

$$Ea = \frac{Qc}{Qp} * 100$$

Donde:

Ea: eficiencia de aplicación en %.

Qc: volumen del agua disponible para la planta en el suelo en l/s.

Qp: volumen entregado a la propiedad en l/s.

En la tabla 6 se dan valores de eficiencia de aplicación de agua para diferentes métodos de riego los cuales consideran factores que influyen en dichas eficiencias.

Tabla 6

Valores de eficiencia de aplicación de riego para diferentes métodos.

Tipo de Riego	Eficiencia
	Er
Riego por surcos	0.50-0.70
Riego por fajas	0.60-0.75
Riego por inundación	0.60-0.80
Riego por inundación permanente (arroz)	0.30-0.40
Riego por aspersión	0.65-0.85
Riego por goteo	0.75-0.90

Nota: Fuente: (Guayasamín & Riofrío, 2020)

2.7.8. Lámina de riego neto (L_n).

Es la cantidad de agua que necesita la planta para cubrir el déficit de humedad del suelo, va desde el punto de agotamiento (f) hasta un valor que coincida con la capacidad de campo (C_c). (Guayasamín & Riofrío, 2020)

$$L_n = (C_c - P_m) * d_a * P_r * f$$

Donde:

L_n : lámina neta de riego en mm.

C_c : valor de capacidad de campo en %.

P_m : valor del punto de marchitez en %.

d_a : densidad aparente (adimensional).

P_r : profundidad radicular en m.

f : factor de agotamiento en %.

2.7.9. Lámina de riego bruta o total (L_t).

Es el volumen de agua que ha emplearse en cada riego a la superficie del terreno, con el fin de asegurar una penetración suficiente de agua que permita retener en la zona radicular el valor de la lámina neta; este volumen de agua se obtiene de la siguiente expresión:

$$L_t = \frac{L_n}{E_r}$$

Donde:

L_t : lámina total de riego en mm.

L_n : lámina neta de riego en mm.

E_r : eficiencia del método de riego en %.

2.7.10. Frecuencia de riego (F_r).

Es el periodo de tiempo que transcurre entre el día de aplicación del riego y la siguiente aplicación:

$$Fr = \frac{Ln}{ETdía}$$

Donde:

Fr: frecuencia de riegos en días.

Ln: lámina neta de riego en mm.

ETdía: evapotranspiración Diaria

2.7.11. Tiempo de riego (Tr).

Es el tiempo que tarda la lámina de agua en infiltrarse en el terreno; es calculada mediante la ecuación siguiente:

$$Tr = \frac{Lt}{Vi}$$

Donde:

Tr: tiempo de riego en horas.

Lt: lámina total de riego en mm.

Vi: velocidad de infiltración en mm/h.

2.8. Sistemas de Bombeo

Un sistema de bombeo es el conjunto de diversos componentes y artefactos que hacen factible el recorrido del agua por medio de tuberías además sirve para el almacenamiento provisional de los líquidos, de modo que las especificaciones de caudal y presión sean cumplidas en todo el proceso.

$$Pe = 0,7 * Pr$$

Donde:

Pe= precipitación efectiva en mm/día.

Pr= precipitación media en mm/día.

2.8.1. Tipos de bombas

Las bombas más utilizadas para elevar el agua en instalaciones de riego son las llamadas turbomáquinas, en las que se producen un aumento de la velocidad del agua provocada por el movimiento giratorio de un elemento denominado rodete o impulsor.

El agua saldrá en dirección radial debido a la fuerza centrífuga, o en la misma dirección que la aspiración, y debido a esto las bombas se denominan centrífugas o axiales respectivamente. (Ávila, 2019)

2.8.2. Bombas de eje horizontal

Se emplean normalmente para elevar el agua que se halla recolectada en embalses, canales, o de pozos poco profundos (preferentemente de 5 a 7 metros) (Ávila, 2019). En la figura 7 se muestra una bomba centrífuga de eje horizontal.

Figura 7

Bomba centrífuga multietapa



Nota: Bombas centrífugas horizontales mono-etapas. Tomado de (Acero Comercial S.A.)

2.8.3. Bombas de eje vertical

Se utilizan para bombear agua de pozos que normalmente son estrechos y profundos. Por su forma, es preciso colocar rodetes de diámetro reducido, por lo que cuando se pretende conseguir una gran altura de elevación se hace preciso colocar varios acoplados en serie (bombas multicelulares) en lugar de utilizar bombas de un solo rodete

(monocelulares). En la figura 8 se muestra una bomba centrífuga de eje vertical Easywell P6P-P8P.

Figura 8

Bomba centrífuga de eje vertical



Nota: Bombas centrífugas de eje vertical Easywell P6P-P8P tomado de (Interempresas)

2.9. Sistema de Riego

Un sistema de riego es un mecanismo con el cual se puede esparcir agua por los cultivos de forma uniforme; es el conjunto de estructuras y accesorios que se encuentran distribuidos de tal manera que se garantiza que todo el campo de cultivo reciba la cantidad de agua adecuada. (Definista, 2015)

Un sistema de riego cuenta con diversos elementos y componentes y la utilización de los mismos dependerá de los diferentes tipos de sistemas de riego como son: superficial, inundación, aspersión, o goteo.

Los sistemas de riego deben pasar por un análisis preliminar necesario para determinar cuál sería el más apto para satisfacer las necesidades teniendo en cuenta el tipo de vegetación y la forma en la que el agua será distribuida y así alcanzar el mejor rendimiento.

2.9.1. Tipos de sistema de riego

Existen varios tipos de sistema de riego los cuales debemos adecuar según la necesidad que tengamos y así conseguir el tipo regadío deseado dependiendo para el uso como puede ser para cultivos, plantas, césped o incluso bosques dependiendo del tipo de vegetación.

2.9.2. Aspersión

El sistema por aspersión trata de simular a la lluvia de una manera suave pero constante es decir un tipo chorro de agua pulverizada en gotas, sabiendo que de esta manera las plantas tienden a absorber el agua de manera más eficiente, cabe destacar que este sistema es el más utilizado para el césped o plantas de jardín. (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.9.2.1. Componentes del sistema de riego por aspersión

Los componentes del sistema de riego por aspersión son:

- Fuente de agua: es la fuente de abastecimiento de agua, puede ser subterránea o superficial. La fuente de agua para el sistema de riego por aspersión debe garantizar la calidad y cantidad de agua durante la vida útil del sistema.
- Fuente de energía: para el funcionamiento del sistema es necesario que el agua que cuente con presión suficiente para impulsar el agua en los aspersores. La presión se la adquiere mediante equipos como: bombas, motores o aprovechando el desnivel entre la fuente de agua y el terreno.
- Redes de conducción y distribución: es el conjunto de tuberías que conforman el sistema, son las que se encargan de transportar el agua a través de todo el sistema.

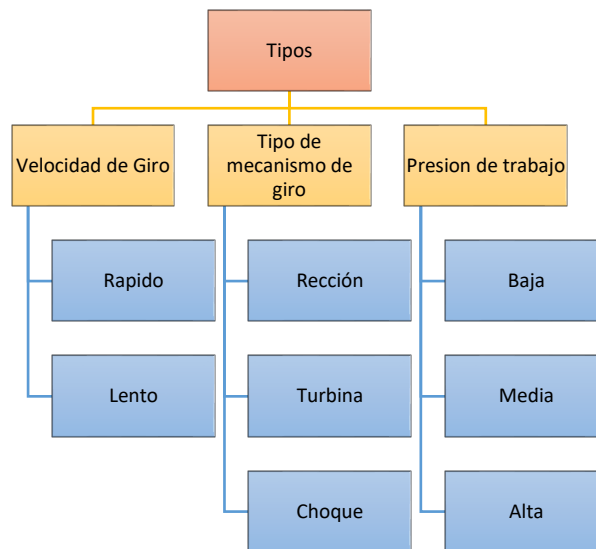
- **Aspersores:** son dispositivos emisores que se activan bajo la presión del agua, rociando la misma en el aire asemejando la lluvia, existen dos tipos: estacionarios y rotatorios, siendo los últimos los más utilizados.
- **Accesorios:** son elementos adicionales que sirven para conectar las tuberías a lo largo del sistema, así como para acoplar ciertas mejoras al mismo suele ser: reguladores de presión, válvulas, conexiones, medidores de flujo y de presión, etc.

2.9.3. Tipos de aspersores.

Los dispositivos de aspersión tienen por misión pulverizar el chorro de agua en gotas finas y repartirlas uniformemente por el terreno, se pueden clasificar de la siguiente manera. En la figura 9 se muestra la clasificación de los tipos de aspersores.

Figura 9

Clasificación de los tipos de aspersores.



Nota: Tomado de (Criollo, 2021) Elaborado por la autora

2.9.4. *Aspersores en campos deportivos*

Los aspersores Pop -Up, trabajan con caudales y presiones bajas, son los más utilizados para riego de campos deportivos, ya que permiten cubrir áreas en su totalidad, además se puede ocultar al momento de un encuentro deportivo.

Construido con resina antigolpes y tapa revestida de goma, con una amplia sección de paso de agua, no requiere filtros, la turbina externa y el rompe-chorro, permiten la mejor distribución de agua tanto de cerca como de lejos. En la figura 10 se muestra el funcionamiento de los aspersores tipo Pop Up.

Figura 10

Aspersor Tipo Pop Up



Nota: Tomado de (acrocarpus.com, 2023)

2.9.5. *Selección del aspersor*

Para seleccionar el aspersor más adecuado se debe tener las siguientes consideraciones:

- Clima: pueden ocurrir pérdidas por evaporación, por lo que se debe considerar la influencia, dirección del viento y la temperatura del lugar.

- Agronómico: la topografía del sitio, tipo de suelo y su infiltración, tipo de cultivo y disponibilidad del agua.
- Técnicos: se considera el tipo de boquilla, diámetro y la presión requerida.
- Económicos: presupuesto, cronograma de trabajos y disponibilidad de la mano de obra necesaria.

2.9.5.1. Cálculo de la velocidad de aplicación teórica

La velocidad de aplicación teórica del aspersor es la relación que existe entre la dosis bruta ajustada en milímetros y el tiempo de riego en horas.

$$Va = \frac{Lta}{Tr}$$

Donde:

Va: velocidad de aplicación teórica (mm/h).

Lta: dosis bruta ajustada (mm).

Tr: tiempo de riego (horas).

Además, se debe cumplir la siguiente condición:

$$Va < Vi$$

Donde:

Vi = Velocidad de infiltración

2.9.5.2. Disposición de los aspersores

Se refiere es la ubicación de estos en la superficie de terreno a rociar, es importante que la disposición logre distribuir el agua de forma uniforme en toda el área además de generar un traslape entre las superficies rociadas.

La disposición de los aspersores se puede presentar de tres formas a continuación:

- Disposición en cuadrado: en esta posición los aspersores ocupan los vértices de un cuadrado, siendo en consecuencia, la distancia entre los laterales igual a la distancia entre los aspersores. Los marcos más utilizados son 12 x 12 y 18

x 18. Esta distribución es la más utilizada en los sistemas semifijo y móviles.
(Criollo, 2021)

- Disposición en rectángulo: en esta posición los aspersores ocupan los vértices de un rectángulo, siendo la mayor distancia la separación de los laterales, el marco más utilizado es el de 12 x 18. Conviene esta distribución cuando se tiene presencia de viento.
- Disposición en triángulo: los aspersores ocupan los vértices de una red de triángulos equiláteros. Con esta disposición se necesita un menor número de aspersores, se le utiliza cuando se tiene un sistema fijo, permanente. Los marcos más utilizados son 18 x 15 y 21 x 18. (Criollo, 2021)

2.9.5.3. *Espaciamiento entre los aspersores*

El espaciamiento de los aspersores es la distancia que existe entre cada aspersor, considerando que de forma individual tendrán un comportamiento diferente, será necesario que el fabricante indique la distribución pluviométrica radial o espacial, mejor, especificando el comportamiento real y la uniformidad en el reparto de agua del aspersor en los principales marcos de riego (Criollo, 2021). En la tabla 7 se muestra la separación que debe existir entre aspersores en función del viento; en la tabla 8 se muestra el espaciamiento máximo entre aspersores dependiendo del diámetro húmedo; en la tabla 9 se muestra el espaciamiento máximo entre aspersores dependiendo la disposición de los aspersores.

Tabla 7*Separación entre aspersores en función del viento*

Disposición	Velocidad (m/s)	Separación entre aspersores
Espacio cuadrado o rectangular	Sin viento	65% D
	2	60% D
	3.5	50% D
	Mayor a 3.5	30% D
Espacio triangular o variable	Sin viento	75% D
	2	70% D
	3.5	60% D
	Mayor a 3.5	30% D

Nota: Tomado de (Criollo, 2021)

Tabla 8*Espaciamiento máximo entre aspersores*

Velocidad del viento (Km)	Diámetro Húmedo
Nulo 0.0	65
Menor a 8.0	60
8.0 - 16.0	50
Mayor a 18.0	30

Nota: Tomado de (Criollo, 2021)

Tabla 9*Espaciamiento máximo entre aspersores*

Viento (Km/h)	Cuadrado	Rectángulo	Triángulo
0 – 5	55	50 x 60	60
6. – 12	50	45 x 60	55
13 – 19	40	40 x 60	50

Nota: Tomado de (Criollo, 2021)

El espaciamiento entre los aspersores se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Ea = \% * Dm = El$$

Donde:

Ea: espaciamiento entre aspersores (m).

Dm: diámetro mojado (m).

El: espaciamiento entre laterales (m).

2.9.5.4. Intensidad pluviométrica de riego (I_p)

La pluviometría en los aspersores debe ser calculada para determinar si se excede la capacidad de absorción del suelo y para saber si se aplica suficiente agua durante los tiempos de funcionamiento para cumplir con las necesidades de riego. ((RainBird, 2022)

Se determina mediante la ecuación:

$$I_p = \frac{Q_a}{E_a * E_l} * 1000$$

Donde:

I_p : intensidad pluviométrica (mm/h).

Q_a : caudal del aspersor (m^3/h)

E_a : espaciamiento entre aspersores (m).

E_l : espaciamiento entre laterales (m).

2.9.5.5. Tiempo de riego por turno (Trt)

La modalidad de riego por turnos asigna un periodo de riego a cada zona. Se determina mediante la ecuación:

$$Trt = Lta / I_p$$

Donde:

Trt : tiempo de riego por turnos (horas).

Lta : lámina bruta ajustada (mm).

I_p : intensidad pluviométrica (mm/h).

2.9.5.6. Número de posiciones ($N^{\circ}pos$)

Es la relación que existe entre el tiempo de operación y el tiempo de riego por turnos. Se determina mediante la ecuación:

$$N^{\circ} pos = \frac{Tr}{Trt}$$

Donde:

N°pos: número de posiciones.

Tr: tiempo de operación (horas).

Trt: tiempo de riego por turnos (horas).

2.9.5.7. Área máxima por aspersor (A_m)

Se determina mediante la ecuación:

$$A_m = Fra * N^{\circ}pos * (Ea * El)$$

Donde:

A_m : área máxima por aspersor (m^2).

Fra: frecuencia de riego ajustada (días)

N°pos: número de posiciones.

Ea x El: área que cubre un aspersor (m^2).

2.9.5.8. Número de aspersores por parcela ($N^{\circ} A/p$)

Se refiere a la cantidad de aspersores que vamos a utilizar para un riego eficiente en el área deseada. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} A/p = \frac{ATP}{A_m}$$

Donde:

$N^{\circ} A/p$: Número de aspersores por parcela.

ATP: Área de la parcela (m^2).

A_m : Área máxima por aspersor (m^2).

2.10. Instalaciones hidrosanitarias

El sistema de abastecimiento en edificaciones consiste en instalaciones de redes interiores y exteriores de tuberías y accesorios que van desde la acometida hasta cada uno de los aparatos sanitarios o puntos de consumo, que trabaja de manera constante,

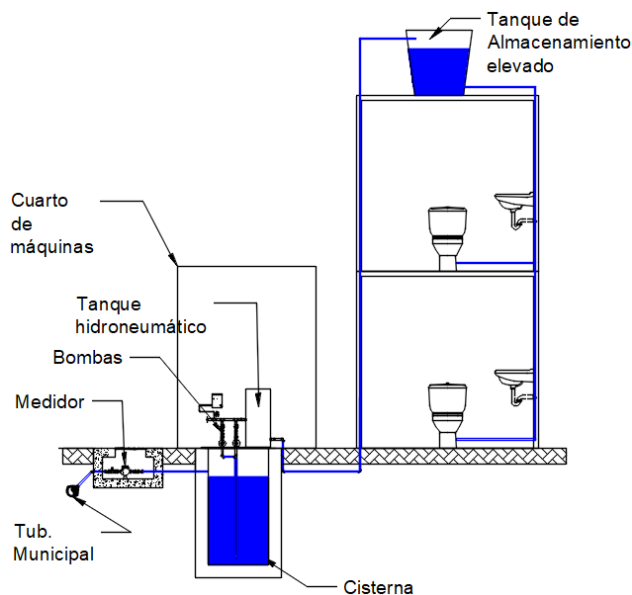
especialmente bajo condiciones de demanda pico, tanto para la red de agua fría como para la red de agua caliente.

2.10.1. Sistema con tanque hidroneumático.

Es un sistema en el que se mantendrá una cisterna de almacenamiento con capacidad mínima equivalente al 100% del consumo diario, será necesario utilizar un equipo de presurización que garantice las condiciones de caudal y presión necesarias para el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, en especial al punto de consumo más alejado y elevado de la edificación. En la figura 11 se muestra un sistema indirecto con tanque hidromecánico.

Figura 11

Sistema indirecto con tanque hidroneumático.



Nota: Sistema indirecto con tanque hidroneumático. Tomado de (Barrionuevo & Cortez, 2021) Fuente: *Autoría propia*.

2.10.2. Elementos constitutivos de la red de distribución.

Los elementos que constituyen el sistema de la red de agua potable para suministro de agua en edificaciones son:

2.10.2.1. Depósitos y Almacenamiento

Son los espacios en los que queda almacenada el agua recolectada, son de diferentes tamaños en función del agua que se pueda almacenar.

Es el enlace hidráulico que va desde el contador general o batería de contadores hasta la estructura de almacenamiento.

2.10.2.2. Montantes, tubería ascendente o descendente.

Son tuberías instaladas en línea vertical que sirven para abastecer a los ramales de agua potable, desde una estructura de almacenamiento hacia todos los niveles de la edificación.

2.10.2.3. Ramales o derivaciones colectivas.

Líneas hidráulicas que suministran a nudos de consumo, se identifican por no tener contadores individuales. Es recomendable instalar una válvula de paso y purga, y en caso de ser necesario un dispositivo anti-ariete (Pérez Carmona, 2015).

2.10.2.4. Subramales o derivaciones particulares.

Tuberías que recorren zonas de subdivisión desde las derivaciones colectivas hasta los nudos de consumo particulares. Estas instalaciones se componen de:

Válvula de corte interna. - Llave instalada en el interior o en una zona accesible a la subdivisión de la propiedad, la cual permite el corte del suministro únicamente de la subdivisión.

Líneas hidráulicas internas. - Corresponden a las derivaciones propias de la subdivisión de la propiedad, repartidas para abastecer a los muebles o aparatos sanitarios y nudos de consumo internos.

2.10.2.5. Puntos de consumo.

Son las salidas de agua de la red de abastecimiento correspondiente a la subdivisión, para brindar servicio y suministro al usuario a través de los muebles sanitarios. (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.10.2.6. Muebles o aparatos sanitarios.

Son aparatos que demandan el uso de agua potable para su funcionamiento, están conectados a los puntos de consumo y tienen un desagüe para la evacuación de aguas residuales, cada uno lleva su propia llave de corte.

2.10.2.7. Válvulas de cierre o control.

Son usadas para controlar el flujo de un fluido, deben ubicarse en un lugar accesible para su fácil operación y mantenimiento. Cada conjunto de artefactos sanitarios, ubicados en un mismo ambiente, deberían contar con una válvula de cierre o control. (Barrionuevo & Cortez, 2021)

2.10.3. Demanda de agua

La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo.

La normativa ecuatoriana (NEC-NHE-2011) indica que en universidades se tendrá una dotación de entre 40 a 60 lts/est/día,

2.10.4. Método de Hunter

El método de Hunter trata de determinar un “caudal máximo probable”, basado en el cálculo de las probabilidades y en observaciones de tipo empírico, asigna una unidad de gasto (UG) para cada tipo de aparato sanitario que funciona intermitentemente. El método es aplicable a grandes grupos de elementos, ya que la carga de diseño es tal que tiene cierta probabilidad de no ser excedida. (Rodríguez, 2005)

2.10.4.1. Unidades de Consumo

La unidad de consumo o gasto se refiere al caudal de agua por minuto que requiere un aparato sanitario para su adecuado funcionamiento y que equivale aproximadamente a 6 litros por minuto (lpm). (Rodríguez, 2005)

Para establecer el consumo de agua de distintos aparatos sanitarios es preciso conocer las unidades de consumo de estos, indicados en la siguiente tabla:

Tabla 10*Unidades de consumo, método de Hunter*

Aparato sanitario	Uso	Tipo de control del sumidero	Unidades de consumo
Inodoro	Privado	Fluxómetro	6
		Tanque de limpieza	3
	Público	Fluxómetro	10
		Tanque de limpieza	5
Lavamanos	Privado	Llave	1
	Público	Llave	4
Bidet	Privado	Llave	1
Orinal	Público	Fluxómetro $\Phi = 2.5$ cm	10
		Fluxómetro $\Phi = 2$ cm	5
		Tanque de limpieza	3
		Llave	2
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2
	Público	Válvula mezcladora	4
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Tina	Privado	Llave	2
Grupo de baño	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8
		Un tanque de limpieza por cuarto	6

Fregadero de servicio	Público	Llave	3
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
	Hotel	Llave	4
Lavadero	Privado	Llave	3
Lavadora	Privado	Llave	3
Combinación de accesorios	Privado	Llave	3
Lavaplatos	Privado	Llave	2
Llave de jardín	Privado	Llave	3
Calentador	Privado		3
Nevera	Privado		1

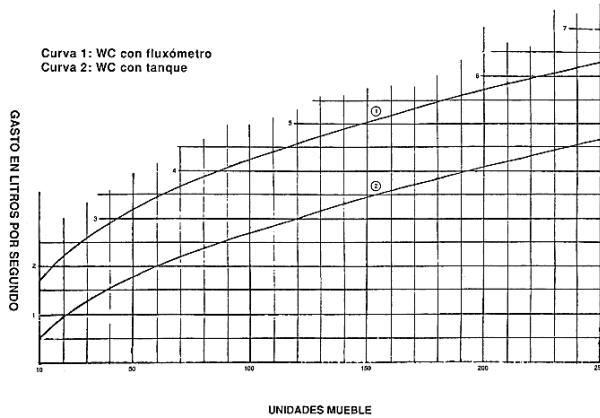
Nota: Tomado de (Rodríguez, 2005)

2.10.5. Caudal Máximo Probable:

Es el caudal con mayor posibilidad de presentarse en la tubería de suministro y con el cual se debe diseñar. Para ello se seguirá el método de probabilidades de Roy B.Hunter, Presentado en E.U.A. en 1932. En la figura 12 se muestra el diagrama de Hunter.

Figura 12

Diagrama de Hunter



Fuente: (Pérez Carmona, 2015)

2.10.5.1. Coeficiente de simultaneidad según el número de salidas $K1$

Dependiendo del número de salidas en funcionamiento, y del uso de la edificación, aparecerá un coeficiente, cuyo valor máximo será de uno (1), y mínimo de 0,20. En la tabla 11 se muestra los coeficientes de simultaneidad en función de las UC.

Tabla 11

Coefficientes de simultaneidad en función de las UC.

S	K1	S	K1	S	K1
1	1,00	9	0,35	17	0,25
2	1,00	10	0,33	18	0,24
3	0,71	11	0,32	19	0,24
4	0,58	12	0,30	20	0,23
5	0,50	13	0,29	21	0,22
6	0,45	14	0,28	22	0,22
7	0,40	15	0,27	23	0,21
8	0,38	16	0,26	24	0,21

Fuente: (García Sosa, 2001)

Partiendo de los datos de Hunter que se presentan en el "Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Gas, Aire Comprimido, Vapor" de Sergio Zepeda; se obtiene las siguientes expresiones: (García Sosa, 2001)

Para muebles sanitarios con fluxómetro y con unidades de gasto (UG) menores de 900 unidades:

$$Q = 0.46696312 * UG^{0.480844}$$

Para hallar el gasto de diseño en función del tipo de artefacto empleado se presentan las siguientes ecuaciones:

Con fluxómetro para unidades de descarga desde cero a < 1200.

$$Q \left(\frac{l}{\text{min}} \right) = 31.27 * UG^{0.485}$$

Con tanques o llaves para unidades de descarga desde cero a < 1200

$$Q \left(\frac{l}{\text{min}} \right) = 6.7924 * UG^{0.6838}$$

Con fluxómetro, tanques o llaves para unidades de descarga iguales o mayores a 1200.

$$Q \left(\frac{l}{\text{min}} \right) = 6.8881 * UG^{0.6841}$$

2.10.6. Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga originadas en las tuberías se dan de dos tipos:

2.10.6.1. Pérdidas por fricción a lo largo de las tuberías:

Las pérdidas por fricción se han de calcular empleando la fórmula de Flamant, ya que para el caso de instalaciones sanitarias donde predominen diámetros de pequeña magnitud la fórmula es tiene un mejor desempeño.

$$J = 4 \times m \times \left(\frac{4}{\pi}\right)^{\frac{7}{4}} \times \frac{Q^{\frac{7}{4}}}{D^{\frac{19}{4}}}$$

Donde;

J: gradiente hidráulico = hf/L

M: coeficiente de Flamant = 0.00014 para tubos de PVC

Q: caudal (m³ / s)

D: diámetro (m)

hf: pérdida de carga (m)

L: longitud del tramo (m)

2.10.6.2. Pérdidas en accesorios

Una red de distribución hidráulica se encuentra conformada por tuberías y diversos accesorios (codos, tees, válvulas, reducciones, etc.), y otras características, desde el punto de vista de carga, equivale a una tubería rectilínea de mayor longitud. En esta simple idea se basa el método para la consideración de las pérdidas locales, de gran utilidad en la práctica.

Las longitudes, podrán ser aplicadas con aproximación razonable al caso de tubos de cobre o latón, PVC, hierro galvanizado, etc. La expresión más reciente es:

$$hf = k \frac{v^2}{2g}$$

2.10.7. Velocidades

Atendiendo a razones de funcionamiento hidráulico eficiente, esto es exento de ruidos, vibraciones, peligro del golpe de ariete y orden económico; se han diseñado los conductos de agua de tal manera que las velocidades no sobrepasen los 2 m/s.

Dentro de este contexto la normativa NHE (NEC-2011) indica que la velocidad de diseño para agua potable al interior de edificaciones debe encontrarse entre 0,6 m/s y 2,5 m/s como valor mínimo y máximo respectivamente. Considerando un valor de 1,5

m/s como velocidad promedio y 1,2 m/s como valor óptimo (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011).

2.10.8. Diámetro de las tuberías

Los diámetros de las tuberías se toman de tablas con diámetros comerciales, que existan en el mercado nacional, en estas tablas se verifica el diámetro nominal y se revisa con las tablas de Flamant.

2.10.9. Presiones en el sistema

La presión en cualquier nudo de consumo no deberá ser superior a 50 m.c.a, además la (NEC-NHE-2011) indica que “toda tubería y accesorio instalado en la red interior debe resistir la presión de 150 m.c.a., en cuyo valor se garantiza la resistencia a la presión de servicio y la provocada por fenómenos transitorios o golpes de ariete que se pudieran generar en el sistema”. (2011)

Relacionamos la siguiente tabla, las presiones máximas y mínimas con los diámetros de conexión.

Tabla 12

Presiones de trabajo para aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Caudal mínimo (L/s)	Presión		Diámetro (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.3	7	3	20
Bidet	0.1	7	3	16
Calentadores / calderas	0.3	15	10	20
Ducha	0.2	10	3	16
Fregadero cocina	0.2	5	2	16
Fuentes para beber	0.1	3	2	16
Grifo para manguera	0.2	7	3	16
Inodoro con depósito	0.1	7	3	16
Inodoro con fluxor	1.25	15	10	25
Lavabo	0.1	5	2	16
Máquina de lavar ropa	0.2	7	3	16
Máquina lava vajilla	0.2	7	3	16
Urinario con fluxor	0.5	15	10	20
Urinario con llave	0.15	7	3	16
Sauna, turco, hidromasaje	1	15	10	25

Fuente: (NEC-NHE-2011)

CAPITULO III

METODOLOGÍA.

La metodología es el conjunto de procedimientos el cual nos ayuda a llegar a nuestro objetivo; para el análisis hidrosanitario se utiliza el método de Hunter mientras que para el riego se usara tipo aspersión.

3.1. Periodo de diseño

Es el período de tiempo en el cual la obra civil funciona de manera correcta, obedece a variables como: durabilidad, factibilidad de construcción, factores económicos, tipo de materiales y calidad de los mismos.

- Tanque de almacenamiento: 20 años
- Redes de distribución: 10 a 20 años

3.2. Estudio de calidad del agua

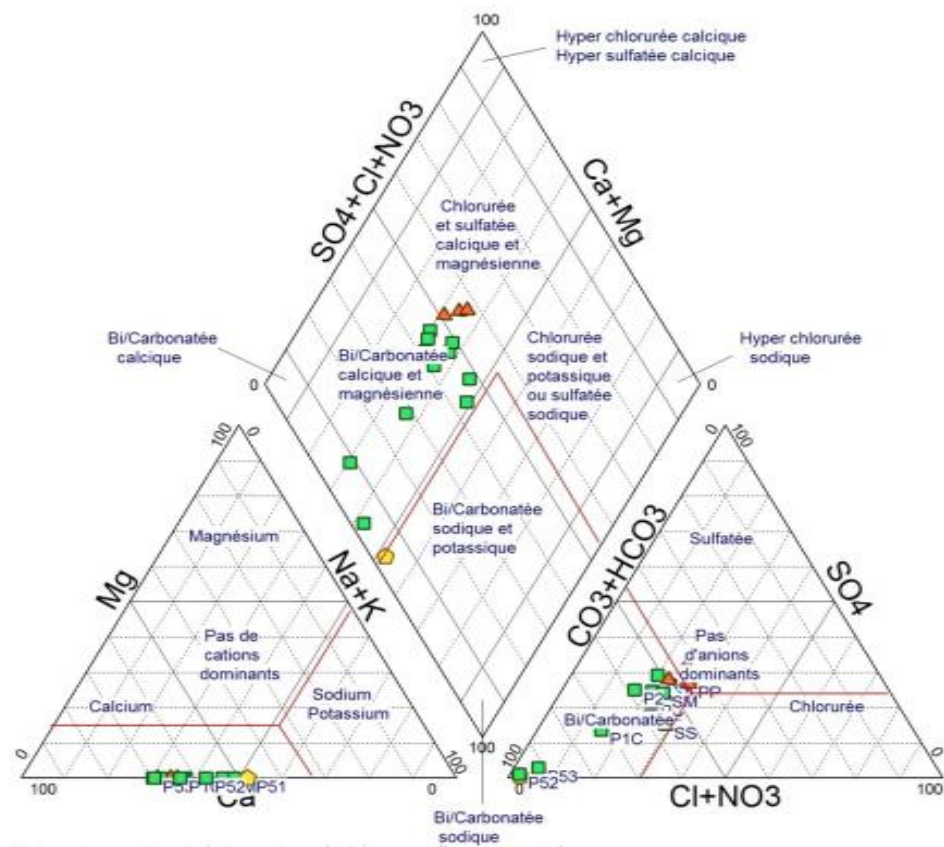
Para el agua de riego se analiza varios parámetros físicos, la presencia de metales y sustancias inorgánicas como son pH, salinidad, alcalinidad, nitratos, fosfatos, potasio, calcio y presencia de microorganismos.

La calidad de agua subterránea en la ciudad de Quito según el Diagrama de Piper es un agua, bicarbonata cálcica y magnésica, es decir, que tiene altas cantidades de estos compuestos; esto quiere decir que es apta para riego. (Moreno & Juan, 2015). En la figura 13 se muestra los resultados obtenidos de la calidad de agua subterránea de la ciudad de Quito según el diagrama de Piper.

En el riego por aspersión, la presencia de detritos sólidos suele bajar la eficiencia del sistema, porque taponan los picos de los aspersores, cambiándoles el caudal de distribución. Además, partículas duras, como arena, desgastan las boquillas, afectando la uniformidad de distribución del agua a mediano plazo.

Figura 13

Diagrama de Piper



Fuente: (Moreno & Juan, 2015)

3.3. Estudio hidrosanitario

3.3.1. Demanda de agua

La demanda de agua o también llamada dotación se ha calculado en función del número de estudiantes del edificio “BLOQUE G”, personal administrativo y profesores,

Para ello se ha considerado que en promedio un aula del bloque G tiene 52.03m² y según el Ministerio de Educación establece un mínimo de 2.00 m² de espacio por estudiante se obtiene en promedio 27 estudiantes por aula, esto sumado a la capacidad en laboratorios que puede llegar a ser 2.50. de espacio por estudiante se tiene un promedio de 21 estudiantes por aula, por lo tanto, en caso de estar a su máxima capacidad se tendrá

hasta 700 estudiantes en el edificio, para el cálculo el edificio se encuentra con su capacidad de estudiantes al 80%.

El personal administrativo se ha calculado en un máximo de 15 personas, tomando, mientras el número de profesores en 45 personas, el resumen se indica en la siguiente tabla

Tabla 13

Dotación sanitaria del Edificio del Bloque G

Estatus	Número	Dotación diaria no potable lts/est/día	Dotación total Lts/día
Estudiantes	550	40	22000
Personal Administrativo	15	40	600
Profesores	45	40	1800
TOTAL	610	120	24400

Nota: la tabla se presentan los trabajadores de la división sanitaria y el uso de agua normal.

3.3.2. *Aparatos a servir*

Para determinar el coeficiente de simultaneidad se debe cuantificar el número de aparatos sanitarios a servirse para el presente proyecto únicamente se servirá a las baterías sanitarias es decir a los inodoros y urinarios en la siguiente tabla se muestra el consumo de cada uno de estos aparatos sanitarios.

Tabla 14

Aparatos, suministro y consumo de aparatos a servir

Aparato	Tipo de servicio	Suministro	Consumo
Inodoro	Público	Fluxómetro	10 lts
Urinario	Público	Fluxómetro	10lts

Fuente: (Pérez Carmona, 2015)

De los planos arquitectónicos proporcionados por la Universidad Politécnica Salesiana se ha obtenido la cantidad de inodoros y urinarios existentes en la edificación la información obtenida se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15

Cantidad total de baterías sanitarias a servir

	Inodoro Hombre	Urinari o	Inodoro Mujeres	Inodoro Baño Discapitados
Subsuelo 1	3	2	3	1
Planta Baja	3	2	3	1
Primer Piso	3	2	3	1
Segundo Piso	3	2	3	1
Tercer Piso	3	2	3	1
Subtotal	15	10	15	5
Total, Inodoros				35
Total, Urinaris				10

Nota: Elaborado por el autor con información otorgada por la Universidad Politécnica

Salesiana

3.3.3. Unidades de Consumo

$$UC \text{ tramo } 1 = \#aparatos * UC$$

$$\Sigma UC \text{ tramo } 1 = 7 (\text{inodoros}) * 10 + 2(\text{urinarios}) * 10$$

$$\Sigma UC \text{ tramo } 1 = 90$$

Las unidades de consumo se multiplican por el factor de simultaneidad K1 establecido en la tabla 16 que se muestra a continuación, para un total de 9 aparatos el factor es de 0.35; en la tabla 17 se muestra el caudal de la tubería en función las unidades de consumo.

Tabla 16*Coefficientes de Simultaneidad*

Número de aparatos	Factor K1	Número de aparatos	Factor K1	Número de aparatos	Factor K1
1	1	9	0.35	17	0.25
2	1	10	0.33	18	0.24
3	0.71	11	0.32	19	0.24

4	0.58	12	0.3	20	0.23
5	0.50	13	0.29	21	0.22
6	0.45	14	0.28	22	0.22
7	0.40	15	0.27	23	0.21
8	0.38	16	0.26	24	0.21

Fuente: (Pérez Carmona, 2015)

$$Uc = \Sigma UC \times K1$$

$$Uc = 90 \times 0.35$$

$$Uc = 32$$

Tabla 17:

Caudal en tubería en función de las unidades de consumo

Uc	Caudal (lts/s)	Uc	Caudal (lts/s)
1	0.06	39	1.51
2	0.13	422	1.58
3	0.19	44	1.64
5	0.25	46	1.7
6	0.32	49	1.76
7	0.38	51	1.83
8	0.44	54	1.89
9	0.5	58	1.95
10	0.57	60	2.02
12	0.63	63	2.08
13	0.69	65	2.14
16	0.76	69	2.21
18	0.82	74	2.27
20	0.88	78	2.33
21	0.95	83	2.39
23	1.01	86	2.46
24	1.07	90	2.52
26	1.13	99	2.58
28	1.2	103	2.65
30	1.26	107	2.71
32	1.32	111	2.77
34	1.39	115	2.84
36	1.45	119	2.9

Fuente: (Pérez Carmona, 2015)

La velocidad debe estar entre los rangos permitidos por la norma NEC11 que son de entre 0.6 a 2.5 m/s en este caso para una tubería de diámetro de 1^{1/4}” en el tramo 1 se tiene una velocidad de 1.99 m/s

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{\frac{1.32}{1000} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * \frac{0.03175^2}{4}}$$

$$V = 1.67 \text{ m/s}$$

Considerando que se ha seleccionado para el tramo A-B Bomba hasta instalaciones en subsuelo, tubería PVC de coeficiente C de Hazen Williams igual a 150, con un diámetro de $\phi = 1^{1/4}$ ” (31.75 mm), L=31.88 m, Q=1.32 l/s, se tiene:

$$j = \left(\frac{Q}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.82}$$

$$j = \left(\frac{0.00132}{0.28 * 150 * 0.03175^{2.63}} \right)^{1.82}$$

$$j = 0.09477$$

La pérdida en accesorios se obtiene mediante ecuaciones de longitud equivalente para cada tipo de accesorio, a continuación, se muestran las pérdidas de carga para el tramo 1:

Tee

$$Le = (1.56 * D + 0.37) * (120/C)^{1.85}$$

$$Le = (1.56 * 0.03175 + 0.37) * (120/150)^{1.85}$$

$$Le = 0.28 \text{ m}$$

$$LE = le * \#$$

$$LE = 0.28 * 14 = 3.14 \text{ m}$$

Llave

$$Le = (2 * D + 0.2) * (120/C)^{1.85}$$

$$Le = (2 * 0.03715 + 0.2) * (120/150)^{1.85}$$

$$Le = 0.17 \text{ m}$$

$$LE = le * 2$$

$$LE = 0.17 * 2 = 0.33 \text{ m}$$

Codo

$$Le = (0.52 * D + 0.04) * (120/C)^{1.85}$$

$$Le = (0.52 * 0.03715 + 0.04) * (120/150)^{1.85}$$

$$Le = 0.037 \text{ m}$$

$$LE = le * \#Ac$$

$$LE = 0.27 * 26 = 1.00 \text{ m}$$

$$Hf = (L + LEA) * j$$

$$Hf = (31.88 + 3.89 + 1.00 + 0.35) * 0.0947 = 3.515 \text{ m}$$

$$Pt = H + hf = 1.78 - 3.40 = -0.69 \text{ m}$$

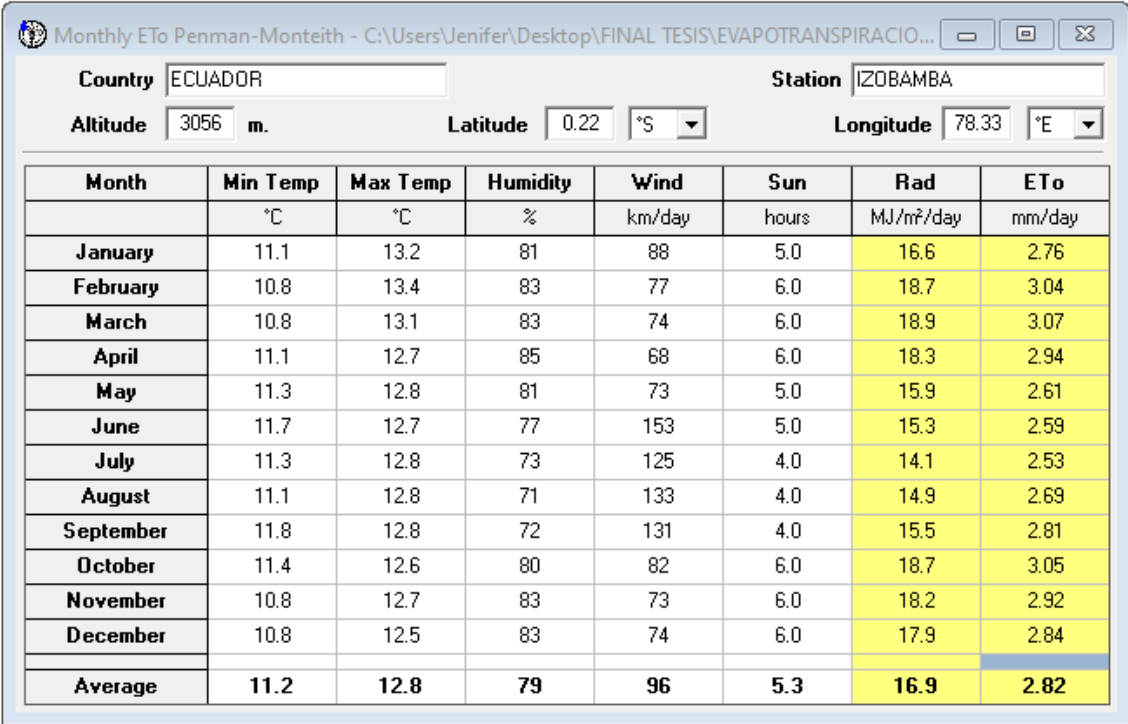
3.4. Diseño Agronómico

3.4.1. Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ET_o)

Para establecer la evapotranspiración potencial se manejó el programa CROPWAT 8.0 que utiliza las fórmulas de Penman-Monteith y es aprobado por la FAO. En la figura 14 se muestra los resultados obtenidos de evapotranspiración; en la figura 15 se muestra la evapotranspiración en función de la temperatura estos resultados fueron obtenidos mediante el SOFTWARE CROPWAR 8.0.

Figura 14

Evapotranspiración Potencial



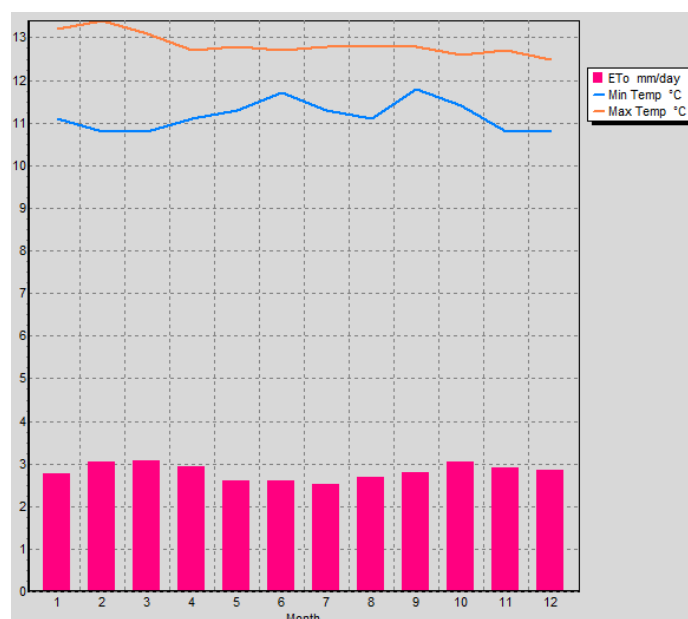
The screenshot shows the 'Monthly ETo Penman-Monteith' window. The input fields are: Country: ECUADOR, Station: IZOBAMBA, Altitude: 3056 m, Latitude: 0.22 °S, and Longitude: 78.33 °E. Below the inputs is a table with 8 columns: Month, Min Temp (°C), Max Temp (°C), Humidity (%), Wind (km/day), Sun (hours), Rad (MJ/m²/day), and ETo (mm/day). The table lists monthly data from January to December, with an 'Average' row at the bottom. The ETo values range from 2.53 mm/day in July to 3.07 mm/day in March. The average ETo is 2.82 mm/day.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET _o mm/day
January	11.1	13.2	81	88	5.0	16.6	2.76
February	10.8	13.4	83	77	6.0	18.7	3.04
March	10.8	13.1	83	74	6.0	18.9	3.07
April	11.1	12.7	85	68	6.0	18.3	2.94
May	11.3	12.8	81	73	5.0	15.9	2.61
June	11.7	12.7	77	153	5.0	15.3	2.59
July	11.3	12.8	73	125	4.0	14.1	2.53
August	11.1	12.8	71	133	4.0	14.9	2.69
September	11.8	12.8	72	131	4.0	15.5	2.81
October	11.4	12.6	80	82	6.0	18.7	3.05
November	10.8	12.7	83	73	6.0	18.2	2.92
December	10.8	12.5	83	74	6.0	17.9	2.84
Average	11.2	12.8	79	96	5.3	16.9	2.82

Nota: resultados obtenidos por la autora a través de CROPWAT 8.0

Figura 15

Evapotranspiración en función de la temperatura mínima y máxima



Nota: resultados obtenidos por la autora a través de CROPWAT 8.0

3.4.2. Determinación de la precipitación efectiva

La precipitación efectiva se determinó de igual manera con el uso del programa CROPWAT 8.0, previamente se utilizaron los datos históricos de precipitación mensual de la estación meteorológica IZOBAMBA, los mismos se encuentran en el Anexo A. En la figura 16 se muestra los resultados obtenidos para la precipitación efectiva.

Figura 156

Precipitación Efectiva

Station	Eff. rain method	
IZOBAMBA	FAO/AGLW formula	
	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	107.9	62.3
February	148.6	94.9
March	161.4	105.1
April	198.0	134.4
May	128.3	78.6
June	48.7	19.2
July	26.3	5.8
August	32.5	9.5
September	47.2	18.3
October	134.6	83.7
November	127.5	78.0
December	132.4	81.9
Total	1293.4	771.8

Nota. Gráficos obtenidos por la autora a través de CROPWAT 8.0

3.4.3. Características del cultivo

Los campos deportivos suelen utilizar césped natural, comúnmente en la sierra ecuatoriana el pasto más usado suele ser tipo “Kikuyo”, esto por su alta resistencia al clima frío y seco, perfecto para la zona del proyecto, su ciclo de vida es mayor a 3 años, desde el punto de vista de uso deportivo consta de dos fases: corte y rebrote, estas etapas se repiten 4 veces en el año, su duración suele ser de 90 días el primer corte, 91 días segundo corte, 92 días tercer corte y 92 días último corte. (Criollo, 2021)

3.4.3.1. Coeficiente del cultivo

Permite determinar la evapotranspiración real del cultivo, en particular a partir de la evapotranspiración de referencia (ETr). El valor de kc utilizado será de 1.0 siguiendo las recomendaciones de la FAO.

3.4.3.2. *Profundidad radicular:*

Es la profundidad en la cual se presentan las características ideales para el desarrollo y penetración de las raíces, esta altura se definirá según la información de la FAO con una profundidad efectiva o profundidad radicular de 0.50m y esta se utilizó para el diseño de nuestro sistema de riego.

3.4.3.3. *Factor de agotamiento del cultivo*

Es el porcentaje de la cantidad de agua almacenada entre la capacidad de campo y el punto de marchitez que podemos dejarle consumir al cultivo entre dos riegos consecutivos; se diseña con un factor igual a 0.40, siguiendo las recomendaciones de la FAO

3.4.3.4. *Factor de respuesta al rendimiento:*

Es el coeficiente que expresa la reducción en el rendimiento provocado por la falta de humedad, será tomado el valor de 1 siguiendo las recomendaciones de la FAO

3.4.3.5. *Requerimiento hídrico*

Con los datos obtenidos en el Software CROPWAT, se calculó el requerimiento de caudal del cultivo y se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 18

Requerimiento hídrico del cultivo

Mes	Dia	Etapa	Kc	Kc	Eto	Eto	ET	Pe	Requerimiento de Riego		
					mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/día	lts/ha
ENE	31	Inicio	1.0		85.56	2.76	85.56	62.3	23.26	0.75	0.09
FEB	28		1.0	1	85.4	3.05	85.40	94.9	-9.50	-0.34	0.00
MAR	31		1.0		95.17	3.07	95.17	105.1	-9.93	-0.32	0.00
ABR	30	Desarrollo	1.0		88.5	2.95	88.50	134.4	-45.90	-1.53	0.00
MAY	31		0.97	0.97	80.91	2.61	78.48	78.6	-0.12	0.00	0.00
JUN	30		0.94		77.7	2.59	73.04	19	54.04	1.80	0.21
JUL	31		0.92		78.12	2.52	71.87	5.8	66.07	2.13	0.25
AGO	31		0.92	0.92	83.08	2.68	76.43	9.5	66.93	2.16	0.25
SEP	30	Med	0.92		84.6	2.82	77.83	18.3	59.53	1.98	0.23
OCT	31		0.92		94.55	3.05	86.99	83.7	3.29	0.11	0.01
NOV	30		0.92	0.92	87.6	2.92	80.59	78.1	2.49	0.08	0.01
DIC	31	Final	0.92		88.04	2.84	81.00	81.9	-0.90	-0.03	0.00

Nota. Resultados obtenidos por la autora.

Kc: coeficiente de cultivo

Eto: evotranspiración de cultivo de referencia

Pe: precipitación efectiva

3.4.3.6. *Demanda bruta de riego*

Una vez calculado el requerimiento hídrico, se puede establecer que es el pasto demanda un caudal de riego indicado a continuación:

Tabla 19

Demanda Bruta de Riego

Etapa	Eto mm/mes	Eto mm/dia	ET mm/mes	Pe mm/dia	Dn mm/dia	Ea %	Dt mm/dia	Dt lts/ha
1	1		3.05		0.93		1.16	0.13
2	0.97		2.9585	2.12	0.83	0.8	1.04	0.12
3	0.92	3.05	2.806		0.68		0.85	0.10
4	0.92		2.806		0.68		0.85	0.10

Nota. Resultados obtenidos por la autora.

Dn: demanda de riego neta

Ea: eficiencia de aplicación

Dt: demanda bruta de riego

3.4.4. *Programación del riego*

La programación del riego tiene por finalidad ahorrar agua sin reducir la producción agrícola, tratando de dar una respuesta a las preguntas de ¿cuándo se debe regar?, ¿cuánta cantidad de agua se debe aplicar en cada riego? y ¿cuánto tiempo se debe aplicar el agua en cada riego?, para ello, se calculará la lámina total de riego (L_r), la frecuencia de riego (Fr) y el tiempo de riego (Tr) para cada tipo de cultivo

3.4.4.1. *Cálculo de las láminas de riego*

El cálculo de la lámina de riego neta y lamina de riego bruta se indica a continuación en la tabla 20.

Tabla 20*Lamina neta de riego y lamina bruta de riego*

Cultivo	Cc %	Pm %	da G/CM3	Prof mm	fa	Ln	Ea	Lt mm
Kikuyo	13.07%	7%	1.43	500	0.4	18.50	0.80	23.13

Nota. Resultados obtenidos por la autora.

Cc: capacidad de campo

Pm: punto de marchitez

da: densidad aparente

fa: factor de agotamiento

Ea: eficiencia del método de riego

3.4.4.2. Lamina ajustada

El cálculo de la lámina total ajustada se indica en la siguiente tabla:

Cultivo	Etapa	ET mm/mes	Dt mm/día	Lt mm	Ln	Fr	Lta mm
Kikuyo	1	3.05	1.16			5	5.79
	2	2.96	1.04	23.13	18.50	5	5.22
	3	2.81	0.85			5	4.26
	4	2.81	0.85			5	4.26

Nota. Resultados obtenidos por la autora.

Fr: frecuencia de riego

3.4.4.2.1. Frecuencia de riego

$$Fr = \frac{Ln}{ET \text{ día}}$$

$$Fr = \frac{18.05}{3.05}$$

$$Fr = 5.91 \approx 5 \text{ dias}$$

3.4.4.2.2. Lámina total ajustada:

$$Lta = Dt \times Fra$$

$$Lta = 1.16 \times 5 = 5.79$$

3.4.4.3. *Tiempo de riego por día*

El tiempo de riego por día calculado se indica en la tabla 21.

Tabla 21

Cultivo	Lt	Vi	Tr
	mm	mm/h	h
Kikuyo	23.13	6.88	3.3620

Nota. Resultados obtenidos por la autora.

Lt: lámina de riego

Vi: Velocidad de infiltración

Tr: tiempo de riego

Con el análisis anteriormente realizado se pudo establecer que para el cultivo de Kikuyo se tiene un caudal requerido de 0,54 lts/ha, a continuación, se indica el cálculo realizado.

$$Qc = \frac{Lt}{Fra} * A * 0.116$$

$$Qc = \frac{23.13}{5} * 0.65 * 0.116$$

$$Qc = 0.35 \text{ lts/s}$$

$$Qc = \frac{Lt}{Fra} * 0.116$$

$$Qst = \frac{23.13}{5} * 0.116$$

$$Qst = 0.54 \text{ lts/ha}$$

3.5. *Agua de riego a través de un sistema de presión por medio de aspersión*

3.5.1. *Selección del aspersor*

Para seleccionar el aspersor se debe partir de la lámina total ajustada 5.79 mm, después se procede a revisar las características de cada aspersor que se encuentran en fichas técnicas, para este estudio se considera un aspersor emergente, aspersores diseñados para riego de jardines y espacios deportivos.

Se ha seleccionado el aspersor Falcon 6504, para caudales desde 0,66 hasta 4.93 m³/h de la empresa Rain Bird, las especificaciones del mismo se indican en la siguiente figura.

Figura 16

Especificaciones técnicas del aspersor

Serie Falcon® 6504

Confiable y económico

Características

- Vástago de trinquete igual que en cuerpos de aspersores estándares
- Boquillas Rain Curtain de 3 puertos codificadas por color para un riego óptimo de largo y mediano alcance y cercano al cabezal
- Válvula de retención Seal-A-Matic
- Estator autoajustable que no requiere reemplazo al cambiar las boquillas
- Resorte retráctil de acero inoxidable y gran resistencia que garantiza una buena retracción
- Garantía de 5 años

Opciones

- Vástago retráctil de acero inoxidable (SS) que ayuda a impedir el vandalismo en áreas públicas con césped
- Tapa violeta (NP) para sistemas de agua no potable
- Versión de alta velocidad (HS) con tapa color marrón para eliminación de polvo

Especificaciones de operación

- Índice de precipitación: de 0.37 a 1.14 pulgadas por hora (de 9 a 29 mm/h)
- Radio: de 39 a 65 pies (de 11.9 a 19.8 m)
- Presión: de 30 a 90 psi (de 2.1 a 6.2 bares)
- Caudal: de 2.9 a 21.7 gpm (de 0.66 a 4.93 m³/h; de 10.8 a 82.2 l/m)
- Entrada de rosca hembra NPT o BSP de 1" (2.5 cm) (26/34)
- Dispositivo de retención SAM que admite hasta 10 pies (3.1 m) de cambio de elevación
- Boquillas Rain Curtain™: 04 (negro), 06 (celeste), 08 (verde oscuro), 10 (gris), 12 (beige), 14 (verde claro), 16 (marrón oscuro), 18 (azul oscuro)



- de 0.37 a 1.14 pulg./h (de 9 a 29 mm/h)
- de 30 a 90 psi (de 2.1 a 6.2 bares)
- de 2.9 a 21.7 gpm (de 10.8 a 82.2 l/m) (de 0.66 a 4.93 m³/h)
- 4" (10.2 cm)
- 8½" (21.6 cm)
- 1" (26/34) NPT o BSP

Cómo especificar

F4	PC	SS	NP	HS
Características operativas: Vástago de acero inoxidable			Características opcionales: Tapa en plástico o tona de alta velocidad	
Notas: PC: círculo parcial PC: círculo completo				

Nota: Tomado de (RAINBIRD, 2021)

3.5.2. Espaciamiento entre aspersores

El diámetro mojado se determina con la siguiente ecuación.

$$Dm = Rm \times 2$$

$$Dm = \frac{19.9 + 11.9}{2} \times 2 = 31.80 \text{ m}$$

Donde:

Rm: es el radio que el aspersor cubrirá, este valor es tomado de las especificaciones del aspersor.

Además de ello se tomará en cuenta el máximo espaciamiento entre aspersores y laterales de la siguiente tabla indicada por (Criollo, 2021), en la tabla 23 se muestra el espaciamiento máximo debido al diámetro húmedo.

Tabla 22

Espaciamiento máximo entre aspersores y laterales (Ea x El) según el porcentaje de diámetro húmedo

Viento (Km/h)0 – 5	Cuadrad	Rectángulo	Triángulo
0 – 5	55	50 x 60	60
6. – 12	50	45 x 60	55
13 – 19	40	40 x 60	50

Nota: Tomado de (Criollo, 2021)

Tabla 23

Espaciamiento máximo entre aspersores

Velocidad del viento (Km/h)	Diámetro Húmedo %
Nulo 0.0	65
Menor a 8.0	60
8.0 - 16.0	50
Mayor a 18.0	30

Nota: Tomado de (Criollo, 2021)

$$\text{Espaciamiento} = 0.60 * 31.80 = 19.08$$

$$\text{Espaciamiento} \approx 20 \text{ m}$$

Por lo tanto, se tendrá un espaciamento de 20x20 metros

3.5.3. *Intensidad pluviométrica de riego*

La intensidad pluviométrica debe cumplir con la siguiente condición:

$$I_p < V_i$$

Para ello se hará el cálculo la intensidad y se realizará la comprobación

$$I_p = \frac{qa}{Ea * El} * 1000$$

$$I_p = \frac{2.50 \text{ m}^3/\text{h}}{20 * 20} * 1000 = 6.25 \text{ mm}/\text{h}$$

$$6.25 < 6.88 \text{ Ok}$$

3.5.4. *Número de aspersores*

Se calculó el número de aspersores que se utilizara para cada una de las secciones en el campo de riego(cancha).

Datos:

$$Lta = 5.79 \text{ mm}$$

$$Ip = 6.25 \text{ mm/h}$$

$$Tr = 2.00 \text{ h}$$

3.5.4.1. Cálculo del tiempo de riego por turno

$$Trt = \frac{Lta}{Ip}$$

$$Trt = \frac{5.79}{6.25} = 0.93 \text{ h} \approx 1 \text{ hora}$$

3.5.4.2. Cálculo del número de posiciones

$$Np = \frac{Tr}{Trt}$$

$$Np = \frac{3}{1} = 3$$

3.5.4.3. Cálculo del área de riego posible

$$Am = Fra * Np * (Ea * El)$$

$$Am = 5 * 3 * (20 * 20) = 6000$$

3.5.4.4. Cálculo del número de posiciones

$$Na/p = \frac{ATP}{Am}$$

$$Na/p = \frac{ATP}{Am}$$

$$Na/p = \frac{3,301.03 \text{ m}^2}{6000 \text{ m}^2} = 0.55 \approx 1$$

Por lo tanto, se colocarán 2 aspersores de 360° en los laterales de la cancha; además para poder realizar el riego en el área, se colocarán aspersores con un radio de humedecimiento menor y un giro de 180° ó 90° conforme sea la configuración del área regable. La configuración del área regable, los espaciamentos de los laterales,

espaciamientos de emisores, el número de aspersores y el tipo se presentan en el Anexo D “PLANOS”.

3.5.5. Diseño Hidráulico del sistema de riego por aspersión

3.5.5.1. Diámetro tentativo de la tubería

El cálculo del diámetro tentativo está en función del caudal del aspersor, se utilizará la siguiente ecuación dada en por (Criollo, 2021) para determinar el diámetro

$$Dt = 1.35 * \sqrt{Q} * 25.4$$

$$Dt = 1.35 * \sqrt{0.69} * 25.4$$

$$Dt = 28.50 \text{ mm}$$

$$D_{comercial} \approx 32 \text{ mm}$$

3.5.5.2. Velocidad

Datos:

$$Q = 2.50 \text{ m}^3/\text{h} \approx 0.69 \text{ l/s} \approx 0.00069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{interno} = 28.8 \text{ mm} \approx 0.0288 \text{ m}$$

Cálculos:

$$A = \pi x \frac{\Phi^2}{4}$$

$$A = \pi \frac{0.0288^2}{4}$$

$$A = 0.00065 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.00069}{0.00065}$$

$$V = 1.06 \text{ m/s}$$

3.5.5.3. Pérdidas de carga en las laterales

$$h = 1.1 x J x F x L$$

Donde:

L: 76.73 m (Longitud en la lateral)

F: 0.486

J: gradiente hidráulica

El factor F ha sido tomado del libro (Hablemos de Riego, 2014)

$$J = \frac{10.373}{D^{4.87}} \times \left(\frac{4.87Q}{C} \right)^{1.85}$$
$$J = \frac{10.373}{0.063^{4.87}} \times \left(\frac{4 * 0.00069}{150} \right)^{1.85} = 0.0126 \text{ m/m}$$

Para el caso de la tubería principal se tiene una pérdida de carga de

$$h = 1.1 \times 0.0126 \times 0.486 \times 76.73$$

$$h = 0.52 \text{ m. c. a.}$$

Se debe verificar que la pérdida sea menor a presión máxima de trabajo

$$h < P_{\text{máx}}$$

$$P_{\text{máx}} = 0.2 \times 49.35 \text{ m. c. a}$$

$$P_{\text{máx}} = 9.87 \text{ m. c. a}$$

$$0.52 < 9.87 \text{ Ok}$$

3.5.5.4. Pérdidas de carga para aspersores

Datos:

J = 0.005 m/m

F = 1.00

L = 36.91 m (Longitud en la lateral)

Pérdida de carga

$$h = 1.1 \times J \times F \times L$$

$$h = 1.1 \times 0.005 \times 1.00 \times 31.91$$

$$h = 0.175 \text{ m.c.a para un aspersor}$$

$$h = 0.175 \times 4 = 0.70 \text{ m.c.a para 4 aspersores}$$

$$0.70 < 9.87 \text{ Ok}$$

3.6. Estudio del sistema de bombeo

La elección de la bomba requiere conocer:

- El caudal solicitado por el sistema de riego y el hidrosanitario
- La altura manométrica o presión de servicio

Se indica también que se debe considerar una pérdida por el desgaste común de la bomba igual al 10%

3.6.1. Caudal total de la bomba

$$Q = 0.00069 \text{ m}^3/\text{s} \times 4 = 0.0028 \text{ m}^3/\text{s} \approx 9.94 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.6.1.1. Caudal de Riego

Como la tubería principal consta de dos secciones de riego, se multiplica por dos al caudal

Cálculos:

$$Q = 9.94 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 = 19.87 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.6.1.2. Caudal del sistema hidrosanitario

Como la tubería principal abastece a 5 tramos de desde el Nv-3.40 al +10.80, se multiplica por 5.

$$Q = 23.76 \frac{m^3}{h}$$

$$Qt = 19.87 \frac{m^3}{h} + 23.76 \frac{m^3}{h} = 43.63 m^3/h$$

3.6.1.3. Presión de servicio total

La presión de servicio total, en las condiciones más desfavorables considera las pérdidas de presión en todas las tuberías, donde se incluyen: pérdida por diferencia de altura, la presión que se emplea para el funcionamiento de los aspersores, presión requerida para elevar el agua hasta el último piso del bloque G; en la siguiente tabla se muestra las pérdidas de carga por el sistema de aspersión y las por el sistema hidrosanitario.

Tabla 24

Resumen de pérdidas.

Pérdida de Carga Sistema de Aspersión	Valor (m.c.a.)
Tuberías	2.08
Accesorios	0.36
Aspersores	0.70
Pérdida de Carga Sistema hidrosanitario	Valor (m.c.a.)
Perdidas en el sistema	38.53
Subtotal	41.67
10% de desgaste	4.16
Total	45.84

Nota: Elaborado por la autora

3.6.1.4. Dimensionamiento de la bomba

El cálculo de la potencia del motor se hace en tres etapas:

a) Potencia neta requerida de la bomba

$$Pn = \frac{Q \times P}{270}$$

Donde:

Pn: potencia neta, en H.P.

Q: caudal, en m³/h

P: presión, en m.c.a.

Datos:

Q = 137.95 m³/h

P = 45.84 m.c.a

Cálculo:

$$Pn = \frac{137.95 \times 45.88}{270}$$

$$Pn = 7.41 \text{ H.P} \approx 8 \text{ H.P Potencia comercial}$$

3.6.1.5. Potencia absorbida por la bomba

Es la potencia total que tiene que suministrar el motor considerando el rendimiento de este.

$$Pa = \frac{Q \times P}{270} \times r$$

Donde:

Pa: potencia absorbida, en H.P.

r: rendimiento en decimales

P: presión, en m.c.a

Dato:

r= 0.90

Cálculo:

$$Pa = \frac{43.63 \times 45.88}{270} \times 0.90$$

$$Pa = 6.67 \text{ H.P} \approx 7 \text{ H.P}$$

3.6.1.6. Potencia del motor

Es la potencia aumentada en un porcentaje de seguridad para compensar las pérdidas que se producen al acoplar el motor y la bomba; esta medida de seguridad se realiza de acuerdo con los siguientes rangos.

- 30% para potencias absorbida por la bomba de hasta 5 H.P.
- 20% para potencias entre 5 y 25 H.P.
- 10% para potencias mayores a 25 H.P.

$$P_m = 6.67 + (6.677 \times 20\%)$$

$$P_m = 6.677 + (6.67 \times 0.2)$$

$$P_m = 8 \text{ H.P.}$$

3.6.1.7. Tipo de motor a utilizar:

Motor eléctrico tendremos una eficiencia del 90 %

$$P_m = \frac{8}{0.9}$$

$$P_m = 8.89 \text{ H.P.} \approx 9 \text{ H.P. Potencia comercial}$$

Teniendo presente que 1 H.P. = 0.736 kW

$$P_m = 6.55 \approx 7 \text{ kW}$$

Se tendrá dos bombas para el funcionamiento del sistema, una bomba de succión de 10 HP y otra bomba de descarga de 7 HP de igual manera.

El motor para el funcionamiento del sistema no deberá sobrepasar la potencia de 7 kW

3.7. Alternativas de aprovechamiento de agua subterránea

Para seleccionar la alternativa más favorable, se debe estimar el balance hídrico del tanque reservorio que recoge el agua subterránea, realizando una proyección de la oferta (caudales que ingresan) y demanda (caudales que salen) para definir un rango de déficit o exceso en su volumen de almacenamiento.

3.7.1. Dispositivos sanitarios del bloque G y cancha deportiva

En primer lugar, se fija la demanda proyectada, que será la suma de las demandas de las generadas por el riego de la cancha deportiva y los aparatos sanitarios del bloque G

$$Q_r = 19.87 \text{ m}^3/\text{h} = 1.38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{hs} = 23.76 \text{ m}^3/\text{h} = 6.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$QD = 1.38 \frac{\text{lbs}}{\text{s}} + 6.6 \frac{\text{lbs}}{\text{s}} = 7.98 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.7.1.1. Balance hídrico

Como se observa en la tabla a continuación existe un déficit de 6.82 lbs/s para cubrir la demanda de servir al bloque G y la cancha deportiva, en caso de querer cubrir esa demanda aumentando el caudal a 7.98 lbs/s, la cisterna se vaciaría en un tiempo de 5.2 horas haciendo inviable esta alternativa.

Tabla 25

Balance hídrico.

Qo	Qr	Qhs	Qd	Déficit	Exceso
1.16	1.38	6.6	7.98	-6.82	-

Nota. Elaborado por la autora.

Qo: caudal inicial

Qr: caudal de riego

Qhs: caudal hidrosanitario

Qd: caudal de diseño

3.7.2. Cancha deportiva

En primer lugar, se fija la demanda proyectada,

$$Q_r = 19.87 \text{ m}^3/\text{h} = 1.38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$QD = 1.38 \frac{\text{lbs}}{\text{s}}$$

3.7.2.1. Balance hídrico

Como se observa en la tabla a continuación existe un déficit de 0.22 lts/s para cubrir la demanda de servir al bloque G y la cancha deportiva, en caso de querer cubrir esa demanda aumentado el caudal a 1.38 lts/s, la cisterna se vaciaría en un tiempo de 30.19 horas, considerando que el tiempo de horas de riego al día es de tan solo 1 a 3 horas, esta es la opción más viable

Tabla 26

Balance hídrico.

Qo	Qr	Qd	Déficit	Exceso
1.16	1.38	1.38	-0.22	-

Nota. Elaborado por la autora

Qo: caudal inicial

Qr: caudal de riego

Qd: caudal de diseño

3.8. Presupuesto del sistema de aspersión

El presupuesto referencial del sistema de riego para la alternativa seleccionada se lo muestra a continuación

Tabla 27

Presupuesto Referencial del proyecto

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
1	Replanteo y nivelación de ejes	m2	3301.02	1.84	6073.88
2	Excavación manual zanja S/C 0-2 m	m3	267.35	8.82	2358.03
3	Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno Sin Compactar)	m3	267.35	3.31	884.93
4	Sum, Inst, Tubería PVC UZ 1,25 MPA D=63 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	267.35	9.37	2505.07
5	Válvula compuerta de bronce 63mm	u	1	16.47	16.47
6	Sum. e Inst. de Codos roscable 90°	u	10	3.71	37.10
7	Sum,-Ins, Tee PVC	u	9	3.71	33.39
8	Aspersor de Riego Incl. Provisión y montaje	u	13	32.81	426.53
9	Bomba de 10 HP Eje Horizontal (Provisión y Montaje)	u	1	2978.81	2978.81
10	Bomba de 7 HP Eje Horizontal (Provisión y Montaje)	u	1	2402.21	2402.21
11	Electroválvula solenoide 2 pulgadas	Gbl	1	44.21	44.21
12	Programador Riego Pg 6045	Gbl	1	194.21	194.21
13	Programador Rain Pro	Gbl	1	439.22	439.22
	Programación del sistema de riego	Gbl	1	439.22	439.22
				Total	18394.05

Nota. Elaborado por la Autora

El análisis de precios unitarios se encuentra en el Anexo C

3.8.1. Costos directos.

Los costos directos son gastos sin los cuales un proyecto no se puede llevar a cabo, entre estos están: materiales, servicios básicos, herramientas, equipos, maquinaria, personal técnico y mano de obra, obligatorios para la realización de todos los rubros indicados en el presupuesto de obra.

3.8.2. Costos indirectos.

Son gastos que en ciertas ocasiones se pueden prescindir, estos gastos incluyen: dirección técnica del proyecto, imprevistos, comunicación, transporte de personal y maquinaria, representan el 30 % del presupuesto total del proyecto.

3.8.3. Análisis de Precios Unitarios.

Se llevó a cabo el análisis de los factores que influyen en el costo unitario de un rubro, estos factores son: tarifas de alquiler de maquinarias y equipos, rendimiento de personal técnico, cantidad de materiales necesarios para ejecutar la unidad del rubro.

El análisis se lo realizó con los precios de los materiales que existen en el mercado al mes de enero de 2023.

3.8.4. Volúmenes de obra.

Es el cálculo de las cantidades de obra a ejecutar durante la fase de construcción del proyecto, para obtener los volúmenes de la red propuesta, se utilizó los planos del proyecto indicados en el Anexo D.

Tabla 28*Volúmenes de obra del proyecto*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Replanteo y nivelación de ejes	m2	3301.02
Excavación manual zanja S/C 0-2 m	m3	267.35
Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno Sin Compactar)	m3	267.35
Sum, Inst, Tubería PVC UZ 1,25 MPA D=63 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	267.35
Válvula compuerta de bronce 63mm	u	1
Sum. e Inst. de Codos roscable 90°	u	10
Sum-Ins, Tee PVC	u	9
Aspersor de Riego Incl. Provisión y montaje	u	13
Bomba de 10 HP Eje Horizontal (Provisión y Montaje)	u	1
Bomba de 7 HP Eje Horizontal (Provisión y Montaje)	u	1
Electroválvula solenoide 2 pulgadas	Gbl	1
Programador Riego Pg 6045 Programador Rain Pro	Gbl	1
Programación del sistema de riego	Gbl	1

Nota: Los datos fueron obtenidos por la autora.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La implementación del proyecto, tiene un beneficio directo en toda la comunidad que conforma la Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Campus Sur, debido a que se plantea una reducción del consumo de agua de la red municipal y el aprovechamiento de un acuífero poco explotado.

Se determinó que existe una evapotranspiración de 3.05 mm/día y una precipitación efectiva de 2.12 mm /día, en cuanto al suelo, se lo ha caracterizado como compacto de textura franco arenosa.

Al realizar un estudio de los tiempos de llenado y vaciado del tanque cisterna, se pudo comprobar que el caudal que aporta es de 1.16 l/s, por lo tanto, se propone utilizar dicho caudal para aprovecharlo únicamente en el sistema de riego, asegurando la eficiencia hidráulica del sistema.

Se propone un sistema de riego por aspersión con una distribución cuadrada Tomando en cuenta una velocidad del viento 4.00 km/h; en total se utilizarán 4 aspersores de 360° y 9 aspersores emergentes, todos ellos con un caudal de 2,50 m³/h y presión de 5.0 bares, los mismos que funcionaran en 2 secciones de riego con una duración de 1 hora por cada sección y una frecuencia de riego de 5 días, se ha considerado un motor eléctrico de succión y uno de descarga, los mismos que no deben sobrepasar 7 kW para garantizar el funcionamiento del sistema.

Para garantizar la disponibilidad de agua de riego en la cancha deportiva se ha considera el volumen de 150 m³ de la cisterna, el mismo que asegura la provisión de agua para dos semanas considerando que la cisterna requiere un tiempo de llenado de 35 horas y 57 minutos.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda aplicar la lámina de riego de 5.79 mm, de preferencia en las primeras horas de la mañana debido a que en esas horas la velocidad del viento es casi nula.

Para el funcionamiento eficiente del sistema de riego, se recomienda utilizar un caudal de 2.5 m³/h, por un tiempo de 1 hora por turno asignado.

Es recomendable realizar inspecciones cada 3 meses al menos, y revisar el funcionamiento del sistema de riego, para comprobar el aprovechamiento del caudal en el pasto, funcionamiento de los aspersores, tuberías, bomba, etc.

Efectuar habitualmente la limpieza de los aspersores para evitar la obstrucción de estos y de esta manera conservar el radio de humedecimiento.

Se debe realizar un estudio definitivo utilizando los datos de la estación meteorología de la UPS, y compararlos con los históricos de la estación más cercana, esto debido a que dicha estación es relativamente nueva.

También es recomendable actualizar los estudios preliminares respecto al tipo de suelo y la calidad del agua, esto para evitar que el pasto o cultivo de riego se vea afectado por contaminación del agua extraída del acuífero.

Bibliografía

- Andrea, M. (11 de 04 de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-acuiferos-3149.html#:~:text=Los%20acu%C3%ADferos%20detr%C3%ADticos%2C%20son%20acu%C3%ADferos%20libres%20en%20contacto,porosos.%20Esto%20hace%20que%20su%20permeabilidad%20sea%20variable.>
- Ávila, R. (2019). *Manual de Riego de Jardines*. Andalucía: Consejería de Agricultura y Pesca.
- Barrionuevo , L., & Cortez, G. (2021). *Elaboración de propuestas para la norma NEC-SB-HS: Instalaciones Hidrosanitarias, del eje de servicios básicos de la Norma Ecuatoria de la Construcción*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/004416166f1d9df980e62>
- Calendarr. (04 de Julio de 2021). *calendarr.com*. Obtenido de calendarr.com: <https://www.calendarr.com/ecuador/estaciones-del-ano/>
- Camacho Jaime. (20 de Diciembre de 2020). *El Universo*. Obtenido de El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/12/20/nota/8409829/agua-servicios-basicos-ecuador/>
- CONGOPE. (2014). *Hablemos de Riego*. Quito: El Telégrafo EP.
- CORDIS. (17 de Septiembre de 2013). *CORDIS*. Obtenido de CORDIS: <https://cordis.europa.eu/article/id/36069-getting-more-from-groundwater/es>
- Criollo, L. (2021). *Diseño del sistema de riego por aspersión y sistema de drenaje de la cancha ncpal de la Liga Parroquial Zámbriza, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Definista. (11 de Septiembre de 2015). *Definicion.es*. Obtenido de Definicion.es:
<https://definicionyque.es/sistema-de-riego/>

Environmentgo. (21 de Noviembre de 2020). *environmentgo*. Obtenido de environmentgo:
<https://environmentgo.com/es/tipos-de-sistemas-de-alcantarillado/#:~:text=Sistema%20de%20Alcantarillado%20Combinado%20Como%20su%20nombre%20indica%2C,hacia%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.>

Equipo Editorial, Etecé. (10 de 02 de 2022). *concepto*. Obtenido de concepto:
<https://concepto.de/ciclo-del-agua/>

García Sosa, J. (2001). *INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS*.

Guayasamín , A., & Riofrío, J. (2020). *Diseño Hidráulico para el mejoramiento y rehabilitación del sistema de riego de la comuna San Vicente Alto*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

Intagri. (2021). *Intagri*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/El-riego-la-importancia-de-su-programacion-y-los-parametros-de-humedad-en-el-suelo#:~:text=Qu%C3%A9%20significa%20programaci%C3%B3n%20del%20riego%20Se%20refiere%20a%3A,obtienen%20por%20los%20par%C3%A1metros%20d>

Kilimo. (09 de 06 de 2022). *Academia de Riego*. Obtenido de Academia de Riego:
<https://academiaderiego.kilimoagtech.com/informe-cuatro-aspectos-claves-del-coeficiente-de-cultivo>

Márquez, A. (24 de Noviembre de 2020). *Ecologia verde*. Obtenido de Ecologia verde:
<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-acuiferos-3149.html>

- MIDUVI. (2011). *Norma Hidrosanitaria NHE Agua*. Quito: Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda.
- Moreno Diana, D. J. (Marzo de 2015). *Repositorio Puce*. Obtenido de Repositorio Puce: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10541>
- Moreno, D., & Juan, D. (2015). Estudio de aprovechamiento de aguas subterráneas bombeadas por los predios del polígono compuesto por las calles: "Av. 6 de Diciembre, Av. Naciones Unidas, Av. Shyris y; Av Eloy Alfaro". *Estudio de aprovechamiento de aguas subterráneas bombeadas por los predios del polígono compuesto por las calles: "Av. 6 de Diciembre, Av. Naciones Unidas, Av. Shyris y; Av Eloy Alfaro"*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Muñoz, C. (2015). *Metología de la investigación*. Oxford University Press México. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf>
- Norma ASTM D 2216, .. (2017). *Norma ASTM D 2216*. Mexico: American Society of Testing Materials.
- NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, .. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. En M. D. PÚBLICAS. QUITO: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.
- Ona, F. (09 de 02 de 2017). *terra.org*. Obtenido de terra.org: <https://www.terra.org/categorias/articulos/el-concepto-de-smart-city-aplicado-al-ciclo-del-agua>
- Pérez Carmona, R. (2015). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Pérez, A. Z. (25 de junio de 2015). *AQUAePUS*. Obtenido de AQUAePUS: <https://www.fundacionaquae.org/gestion-sostenible-del-agua-en-una-smart-city/>

RAINBIRD. (30 de Enero de 2021). *Catálogo de productos para riego de jardines*.

Obtenido de https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-03/TurfCatalog2018_es.pdf

RainBird. (2022). *RainBird*. Obtenido de RainBird:

<https://www.rainbird.com/es/profesionales/consejos-de-diseno-de-riego-patrones-de-separacion-de-aspersores#:~:text=La%20pluviometr%C3%ADa%20de%20los%20aspersores%20que%20ha%20seleccionado,cumplir%20con%20las%20necesidades%20de%20riego%20%28que%20deber%C3%>

Recursos Hídricos. (06 de 04 de 2022). *GreenFacts*. Obtenido de GreenFacts:

<https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/1-2/2-disponibilidad.htm>

Rodríguez, H. (2005). *Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones*.

Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rodriguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Oaxaca: ITO.

Sachez, J. (2017). *docplayer.es*. Obtenido de docplayer.es:

<https://docplayer.es/54930895-Hidrogeologia-en-medios-fracturados.html>

Ulla, R. (5 de Abril de 2022). *Ecologia Verde*. Obtenido de Ecologia Verde:

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-ciclo-hidrologico-etapas-e-importancia-3832.html>

Zita, A. (08 de abril de 2022). *Significados*. Obtenido de Significador:

<https://www.significados.com/precipitacion/>

